

EUR 4069 n

LIBRARY

EUROPESE GEMEENSCHAP VOOR ATOOMENERGIE — EURATOM

50 MWe KERNENERGIECENTRALE DODEWAARD

JAARVERSLAG 1967

1968



**Verslag opgesteld door de
N.V. Gemeenschappelijke Kernenergiecentrale Nederland — GKN/
N.V. Samenwerkende Electriciteits-Productiebedrijven — SEP/Nederland**

Deelnemingscontract Nr. 006-63-4 REPN

BELANGRIJKE MEDEDELING

Dit document is opgesteld onder auspiciën van de Commissie van de Europese Gemeenschappen.

Er wordt op gewezen dat de Commissie van de Europese Gemeenschappen, haar contractpartners of enige namens hen handelende persoon :

geenszins garanderen dat de in dit document vervatte mededelingen juist of volledig zijn, noch ervoor kunnen instaan dat het gebruik van enige in dit document vermelde mededelingen, uitrusting, methode of procédé, geen inbreuk maakt op uitsluitende rechten;

geen enkele verantwoordelijkheid aanvaarden voor schade die eventueel kan voortvloeien uit het gebruik van de mededelingen, uitrustingen, methoden of procédés die in dit document zijn beschreven.

Dit rapport wordt verkocht in de verkoopkantoren die op de achterzijde van de omslag zijn vermeld

| | | | | |
|-----------------------------|----------|--------|---------|-----------|
| tegen de prijs van Fl. 16.— | FF 22.50 | FB 225 | DM 18.— | Lit. 2800 |
|-----------------------------|----------|--------|---------|-----------|

Gelieve bij elke bestelling het nummer EUR en de titel, die op de omslag van elk rapport zijn vermeld, op te geven.

Gedrukt door Van Muysewinkel.
Brussel, october 1968.

Dit document is gereproduceerd op basis van de beste beschikbare copie.

EUR 4069 n

EUROPESE GEMEENSCHAP VOOR ATOOMENERGIE — EURATOM

50 MWe KERNENERGIECENTRALE DODEWAARD

JAARVERSLAG 1967

1968



EUR 4069 n

50 MWe DODEWAARD NUCLEAR POWER PLANT — ANNUAL REPORT 1967

European Atomic Energy Community — EURATOM
Report prepared by the N.V. Gemeenschappelijke Kernenergiecentrale
Nederland (GKN)/N.V. Samenwerkende Electriciteits-Productiebedrijven
(SEP), Netherlands

Participation contract No. 006-63-4 REP
Luxembourg, October 1968 — 136 Pages — 36 Figures — FB 225

During 1967 the main effort shifted increasingly from the Building Office in Arnhem to the site at Dodewaard.
A large part of the fabrication and assembly of components was accomplished in this period.

The preparation and assembly of the fuel elements by NV Philips reached an advanced stage. Fabrication of the UO_2 pellets by the Nukem firm was completed. The containment system was also completed in 1967. The components of this system were assembled with the aid of a 160 ton hoist with a height of 70 m. The fabrication of the reactor vessel (and internals) by Rotterdamsche Droogdok was completed. The vessel was designed and built in accordance with the new ASME-III code and the requirements of the Stoomwezen Service, which inspected the vessel after completion.

A special chapter is devoted to the non-destructive testing of the weld seams of the reactor vessel penetrations. The difficulties which arose during the making

and — GKN/
- SEP/Nederland

Samenvatting

Gedurende 1967 verplaatste het zwaartepunt van de activiteiten van het Bouwbureau in Arnhem zich in toenemende mate naar de bouwplaats in Dodewaard. Een groot gedeelte van de fabricage van de onderdelen, alsook de montage van deze kwamen in de afgelopen periode gereed.

De vervaardiging en assemblage van de splijtstofelementen door de N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken kwamen in een vergevorderd stadium. De fabricage van de UO_2 -tabletten door de firma Nukem werd voltooid.

Het insluitingssysteem kwam eveneens in 1967 gereed. De montage van de tot het systeem behorende onderdelen geschiedt door een hijsmast van 160 ton, van een hoogte van 70 m. Het insluitingssysteem was vervaardigd door de firma Werkspoor in Utrecht.

De fabricage van het reactordrukvat (en binnenwerk) vervaardigd door de Rotterdamsche Droogdok Mij. werd beëindigd. Het vat was ontworpen en gefabriceerd volgens de nieuwe ASME-III-code en volgens de eisen van de Dienst van het Stoomwezen. Door laatstgenoemde werd het vat na voltooiing gekeurd.

Een bijzonder hoofdstuk is gewijd aan het niet destructief onderzoek van de lasnaden van de stomp van het reactorvat. De tijdens het inlassen van de stomp in vat en deksel opgetreden moeilijkheden waren verantwoordelijk voor de vertraging van het vat.

Van de installaties waarvan de montage beëindigd werd gedurende het jaar 1967 is verder te noemen:

- de koelwaterinstallatie
- de waterbehandelingsinstallaties
- de ventilatieinstallatie
- de drukluchtvoorziening
- het hydraulisch systeem en
- diverse bedieningsgereedschappen.

Wat betreft de grote onderdelen, waarvan de fabricage gereed kwam, kunnen onder meer genoemd worden:

- de generator
- de turbine
- de warmtewisselaars
- de voedingswaterpompen
- de regelstaaf- en fluxmonitorpijpen

Op electrotechnisch gebied kan onder andere de 150 kV-verbinding van de centrale geheel gereed komen.

Bij de civieltechnische en bouwkundige werkzaamheden lag de nadruk meer op de voltooiing van de gebouwen. Na de montage van de vaten van het insluitingssysteem werd het biologisch schild in, en de staalconstructie op het reactorgebouw voltooid.

Tenslotte werden nog de activiteiten op het gebied van de instrumentatie, zoals van de physica en de thermohydraulica beschreven.

TREFWOORDEN

| | | | |
|----------------------|------------------------|---------------------|--------------------|
| SEP | FILTERS | SEALS | ZIRCALOY |
| PERSONNEL | DECONTAMINATION | CIRCUITS | URANIUM DIOXIDE |
| TRAINING | VALVES | CABLES | CRITICALITY |
| FABRICATION | ALARM SYSTEMS | ENERGY | CRITICAL MASS |
| PELLETS | RESINS | ELECTRICITY | SLITS |
| FUEL ELEMENTS | CYCLONE SEPARATORS | ELECTRIC POTENTIAL | SHIELDING |
| BUILDINGS | PUMPS | INSTRUMENTS | STARTUP |
| CONTAINMENT SHELLS | CONTROL ROD DRIVES | TELEMETRY | PROGRAMMING |
| BIOLOGICAL SHIELDING | HYDRAULICS | RADIATION DETECTORS | EXCURSIONS |
| REACTOR CORE | SUSPENSIONS | NEUTRON FLUX | ANALYSIS |
| PRESSURE VESSELS | VESSELS | NEUTRON DETECTION | FISSION PRODUCTS |
| TURBINES | PRECIPITATION | OPERATION | WASTE DISPOSAL |
| WATER COOLANT | CENTRIFUGATION | FLOWMETERS | FORTAN |
| VENTILATION | CEMENTS | VELOCITY | THERMODYNAMICS |
| HYDROLOGY | STORAGE | BURNUP | REACTOR SAFETY |
| HEAT EXCHANGERS | NONDESTRUCTIVE TESTING | ECONOMICS | CRITICAL HEAT FLUX |
| EVAPORATION | REACTORS | COMPUTERS | |
| WASTE SOLUTIONS | ULTRASONICS | NUMERICALS | |
| DEMINERALIZATION | WELDS | IMPURITIES | |

Exa-code, Prof-code, Borrel-code.

INHOUDSOPGAVE

| | <u>Bladzijde</u> |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 1. ALGEMEEN | 1 |
| 1.1. Doel en tijdvak | 1 |
| 1.2. Inleiding | 1 |
| 1.3. Organisatie | 1 |
| 1.4. Acquisitie en opleiding bedrijfsvoerend personeel | 3 |
| 1.5. Vergunningen | 3 |
| 1.6. Diversen | 4 |
| 2. SPLIJTSTOF | 6 |
| 2.1. Splitsstoffabrikage | 6 |
| 3. CIVIELTECHNISCH EN BOUWKUNDIGE WERKEN | 8 |
| 3.1. Inleiding | 8 |
| 3.2. Ontwerp | 8 |
| 3.3. Uitvoering | 10 |
| 3.3.1. Reaktorgebouw | 10 |
| 3.3.2. Turbinegebouw | 11 |
| 3.3.3. Nevengebouw | 11 |
| 3.3.4. Koelwatergebouw | 12 |
| 3.3.5. Ventilatieschacht | 12 |
| 3.3.6. Waterbouwkundige werken | 12 |
| 4. WERKTUIGBOUWKUNDIG | 13 |
| 4.1. Algemeen | 13 |
| 4.2. Warmtewisselaars en indampinstallatie voor radioactief afvalwater | 13 |
| 4.2.1. Warmtewisselaars | 13 |
| 4.2.2. Indampinstallatie voor radioactief afvalwater | 14 |
| 4.3. De waterbehandelingssystemen van de Gemeenschappelijke Kernenergiecentrale Nederland te Dodewaard | 15 |
| 4.3.1. Inleiding | 15 |
| 4.3.2. De suppletie-water-demininstallatie | 16 |
| 4.3.3. Het kondensaat-reinigingssysteem | 16 |
| 4.3.4. De licht verontreinigd afvalwater-demininstallatie | 16 |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 4.3.5. Het reaktorwaterzuiveringssysteem | 17 |
| 4.3.6. Harstransport en centrale regeneratie | 17 |
| 4.3.7. Het harsregeneratiestation | 18 |
| 4.3.8. Technische uitvoering van de installaties | 19 |
| 4.4. Hydraulisch systeem voor de regelstaafaandrijving | 19 |
| 4.5. Radioactieve afvalbehandelingsinstallatie | 19 |
| 4.6. Niet-destructief onderzoek aan de stompen van het reaktorvat | 22 |
| 4.6.1. Conclusies omtrent het ultrasoon onderzoek van de ingelaste stompen | 22 |
| 4.6.2. Inleiding | 23 |
| 4.6.3. Ondervonden moeilijkheden met de specificaties | 23 |
| 4.6.4. Apparatuur ijking | 25 |
| 4.6.5. Onderzoek van de lassen van de stompen aan het vat | 26 |
| 4.6.6. Onderzoek van de lassen van de stompen in het reaktordeksel | 28 |
| 5. ELEKTROTECHNISCH | 31 |
| 6. INSTRUMENTATIE EN TELECOMMUNICATIE | 32 |
| 6.1. Algemeen | 32 |
| 6.2. Neutronenfluxmeetapparatuur | 32 |
| 6.3. Instrumentatie | 33 |
| 6.4. Reactorregeling | 35 |
| 7. AKTIVITEITEN OP HET GEBIED VAN FYSIKA, THERMOHYDRAULIKA ENZ. | 38 |
| 7.1. Afscherming | 38 |
| 7.2. Voorbereiding van experimenten in de reaktor. Watersnelheidsmetingen binnen het reaktorvat. | 39 |
| 7.3. Berekening optimale cyclusduur | 41 |
| 7.4. Berekeningen voor het kritische experiment te Petten | 42 |
| 7.5. Berekeningen voor de startup van de G.K.N. kern | 42 |
| 7.6. Berekening drie groeps werkzame doorsneden en k_{∞} van een gehomogeniseerde bundel + waterspleten | 44 |

III

| | <u>Bladzijde</u> |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|
| 7.7. Ontwikkeling rekerprogramma's | 45 |
| 7.7.1. EXA I: Excursion Analysis | 45 |
| 7.7.2. PROF: A program for the calculation of the Production and Release of Fission products | 46 |
| 7.7.3. BORREL: A fortran code for the steady-state thermo hydraulic be- haviour of a Boiling water Reactor Recirculation Loop | 47 |
| 7.8. Veiligheidsanalyse | 48 |
| 7.9. Thermo-hydraulika | 48 |
| 7.10 Reaktorfyssische procedures | 48 |
| 7.11 Opleidingscursussen | 48 |
| 8. TIJDSHEMA'S | 50 |
| 9. KORT FINANCIIEEL OVERZICHT | 51 |
| 9.1. Geplaatste opdrachten | 51 |
| 9.2. Subsidie Euratom | 51 |
| 10. LIJST VAN BIJLAGEN TEKENINGEN EN FIGUREN | 53 |



1. ALGEMEEN *)

1.1. Doel en tijdvak.

Dit rapport is het jaarverslag over 1967, opgesteld in het kader van de overeenkomst met Euratom en wel volgens Bijlage III van de overeenkomst tot deelneming aan de 50 MWe kernenergiecentrale N.V. SEP d.d. 2 april 1963.

Alle rechten en verplichtingen ten aanzien van de bouw van deze centrale zijn door de in februari 1965 opgerichte N.V. Gemeenschappelijke Kernenergiecentrale Nederland overgenomen. Een en ander is in de gemeenschappelijke bekendmaking van 2 februari 1965 van beide NV's, zowel G.K.N. als S.E.P. vastgelegd.

1.2. Inleiding.

Getracht is ook bij het opstellen van dit jaarrapport zoveel mogelijk herhalingen en doublures van de eveneens krachtens de overeenkomst tot deelneming opgestelde kwartaalrapporten te vermijden.

Wat betreft het vermelden van zuivere feiten is dit uiteraard moeilijk te ondervangen. Ook dit jaar is weer aan diverse leveranciers gevraagd een bijdrage bij het tot stand komen van dit jaarverslag te willen leveren, waarbij het accent is komen te liggen op een meer beschrijvend karakter van de installatie, gezien vanuit het standpunt van de leveranciers.

Daar tevens de voortgang van de werkzaamheden in de kwartaalrapporten zeer uitvoerig is beschreven en nauwkeurig is vermeld, is getracht in dit jaarverslag nog enige bijzondere facetten, welke niet in de kwartaalrapporten zijn opgenomen, te vermelden. In het bijzonder is aandacht besteed aan de werkzaamheden van de fysische groep van de G.K.N.

Eveneens is in dit verslag opgenomen een beknopt financieel overzicht over de activiteiten tot eind 1967.

Ook dit maal zijn de verschillende tekeningen, foto's en andere zaken in een afzonderlijke bijlage opgenomen.

1.3. Organisatie.

Gedurende 1967 verplaatste het zwaartepunt van de activiteiten van het Bouwbureau zich in toenemende mate naar de bouwplaats. Veel nut werd ondervonden van het gebruik van moderne planningstechnieken, waardoor het steeds meer mogelijk bleek op doelmatige wijze de bouw- en montagevolgorde aan te passen aan de door vertragingen zich wijzigende omstandigheden.

*) Manuscript ontvangen op 5 juli 1968.

De personeelsbezetting van het Bouwbureau werd in de loop van het jaar op de definitieve sterkte gebracht en omvatte in totaal 103 personen, administratief- en keuringspersoneel inbegrepen. Het aantal medewerkers op de montage te Dodewaard werd steeds meer opgevoerd en bedroeg aan het einde van het jaar meer dan 25.

De werkzaamheden bij de montage vorderden tot een zover stadium, dat het noodzakelijk werd de gemonteerde installaties eveneens te testen op hun functionele merites. Dit deel dat als controle op de montage werd gezien, werd uitgevoerd en stond onder leiding van de montageleiding. Daarnaast werd evenwel besloten om de installaties, welke door de montagegroep en de leiding als voltooid werd beschouwd, nogmaals te laten afnemen door een groep van het toekomstige bedieningspersoneel, dat inmiddels van de opleidingen terug was gekomen en onder leiding van de toekomstige bedrijfsleider werd gesteld. De twee groepen kregen de benaming "montage-testgroep" resp. "bedrijfs-testgroep". Op deze wijze was het mogelijk om een dubbele, onafhankelijk van elkaar zijnde, beproeving van alle installaties door te voeren. Alhoewel deze werkzaamheden zich in 1968 verder uitstrekken, werd er in het einde van 1967 een begin mee gemaakt.

Om bij deze afwerking en testen voldoende inzicht in de tijdschema's te hebben werd de assistentie gevraagd van enkele leden van het Raadgevend Ingenieursbureau Berenschot.

De bij de G.K.N. gedetacheerde leden van Neratoom zijn in de loop van 1967 weer naar hun eigen organisatie teruggekeerd. Het is hier gepast een woord van dank uit te brengen voor de zeer waardevolle medewerking, die de G.K.N. van deze gedetacheerde leden heeft ondervonden.

Ook de permanent bij het Bouwbureau gedetacheerde vertegenwoordigers van Euratom werden veelvuldig bij het werk betrokken en leverden wederom waardevolle bijdragen, vooral bij het inwerken van de leden van de kwaliteitscontrole-afdeling, als ook bij die van de fysische afdeling, in het bijzonder bij de gecompliceerde regeltechnische problemen, waarbij eveneens de Technische Hochschule te München zijn medewerking bleef verlenen.

Uiteraard was ook de samenwerking met het personeel van General Electric zeer intensief. Enige malen hebben ook dit jaar weer bezoeken van specialisten over en weer plaatsgevonden om hangende kwesties efficiënt tot een oplossing te brengen.

Reeds onder dit hoofdstuk dient vermeld te worden de medewerking van General Electric voor de opleiding van de scheepswerktuigkundigen, waarvoor een aantal specialisten voor langere tijd uit Amerika is overgekomen.

Aan het einde van het jaar werd eveneens een ingenieur voor assistentie bij het opstarten verwacht.

1.4. Acquisitie en opleiding bedrijfsvoerend personeel.

Zoals reeds in 1.3. genoemd is het aantrekken van personeel voor de toekomstige bedrijfsvoering nagevoeg voltooid en kon aansluitend in de reeds in het vorige jaarverslag genoemde opleiding worden verder gegaan met de opleiding door de specialisten van The Atomic Power Equipment Department van General Electric en de stages te Gundremmingen in Duitsland.

De opleiding buitenshuis van het bedrijfspersoneel werd geheel afgesloten. Na voorgaande kursussen en stages bij andere reaktorinstallaties komt de opleiding van het bedrijfspersoneel geleidelijk in het laatste en belangrijkste stadium: de "on the job" training bij de eigen installatie te Dodewaard. Hieraan voorafgaande zullen nog een aantal lezingen worden georganiseerd over verschillende onderwerpen, die hetzij een inleiding vormen tot deze training, hetzij het meest effectief in klasverband kunnen worden behandeld.

Na deze voor een groot deel geleide training zal bij de "on the job" training het vergaren van verdere kennis grotendeels op eigen initiatief gaan berusten. Met de "on the job" training werd in feite reeds een aanvang gemaakt door hen die zijn ingeschakeld bij de voorbereidingen van de beproevingen, het uitvoeren van de eerste systeembeproevingen en de voorbereidingen voor normaal bedrijf.

1.5. Vergunningen.

Bij het College van Burgemeester en Wethouders van de gemeente Dodewaard werd op 23 maart 1967 de definitieve aanvraag ingediend op grond van de Hinderwet en het bijbehorende Hinderwetbesluit tot het oprichten, in bedrijf nemen en in bedrijf houden van een kernenergiecentrale met een vermogen van 54 MWe.

Daar het College te dien aanzien geadviseerd wordt door o.m. de Arbeidsinspectie, heeft ook dit jaar weer voortdurend overleg plaats gehad tussen de autoriteiten, de Arbeidsinspectie, Euratom en de G.K.N. betreffende de veiligheidsaspecten van de centrale. Dit overleg heeft o.a. in de vorm van regelmatig gehouden bijeenkomsten met de werkgroep Reaktorveiligheid, onder voorzitterschap van de Hoofdinspecteur-directeur van de Arbeidsinspectie, District Arnhem, plaatsgevonden.

Tijdens deze besprekingen werd door de medewerkers van het Bouwbureau gedetailleerde informatie gegeven omtrent het ontwerp en de uitvoering van de installaties en werd over de veiligheidsaspecten van gedachten gewisseld.

De vergunning van de inspecteur der Domeinen te Nijmegen voor het uitbaggeren van de haven werd verkregen. Eveneens werd door Rijkswaterstaat vergunning verleend tot het plaatsen van vier meerstoelen in de toegangsgeul naar de haven van de kernenergiecentrale.

Verder werd op aanvraag door de Dienst der Domeinen vergunning verleend voor:

- het hebben, behouden en onderhouden van een geul t.b.v. een haven,
- het lozen van hemelwater en effluent van toiletten, douchecellen en wastafels door middel van een rio-
lering via het aanwezige uitlaatwerk,
- het baggeren en storten van baggerspecie aan de
rechteroever van de rivier de Waal, tussen kilometer-
paal 897 en 899.

Verder werd nog een aanvraag ingediend bij de Hoofd-
ingenieur, Directeur van Rijkswaterstaat voor het
verlenen van vergunning tot het onttrekken en weer
toevoegen van koelwater aan de rivier de Waal.

1.6. Diversen.

Ook dit jaar is weer bijzondere aandacht besteed aan de publiciteit en zijn de belangrijkste montagegebeurtenissen op het N.T.S. en Polygoon filmjournaal vertoond.

Relaties met de pers zijn in het algemeen goed te noemen. Evenals vorig jaar werden er weer voor het Koninklijk Instituut voor Ingenieurs voor verschillende afdelingen symposia gehouden. Eveneens werden vele excursies te Dodewaard op de bouwplaats gehouden, waarbij niet te vergeten een nieuwe open dag voor G.K.N.-medewerkers met hun familieleden en voor de bewoners van Dodewaard en omgeving.

Voor deze laatste werd zelfs tweemaal gedurende het jaar een open dag georganiseerd van welke gelegenheden namelijk om een indruk te krijgen van de bouw van de centrale, met groot enthousiasme door resp. 500 en 1500 bezoekers gebruik werd gemaakt.

In totaal hebben ruim 3600 bezoekers de centrale bezocht.

Een opgave is in bijlage I van dit jaarverslag bijgevoegd.

Er werd door alle medewerkers van de G.K.N. met veel enthousiasme gewerkt en zeer veel werk verzet.

De doelstellingen dat G.K.N. zich de kennis eigen zou maken omtrent het ontwerp, de berekening van kern, zowel kernfysisch als thermohydraulisch en de splijtstofcyclus is nagenoeg bereikt.

Een zelfstandig, zonder hulp van General Electric, kunnen behandelen van alle veiligheidskwesties is ook zonder meer een bewijs van het bereiken van dit gewenste resultaat.

De periode van beproeven en inbedrijfstellen van de installatie kan dan ook met vertrouwen verder tegemoet worden gezien.

Waar de opleiding van het personeel voor de bedrijfsvoering gedurende dit jaar werd voltooid, dient hier nogmaals gememoreerd te worden de bijzonder plezierige wijze van samenwerking met de directie van de Rheinisch Westfälische Elektrizitätswerk A.G., die het mogelijk maakte dat alle machinisten hier een stage konden lopen in de kernenergiecentrale te Gundremmingen.

Voorbereidingen werden getroffen in samenwerking met het Reactor Centrum Nederland om fysische metingen aan een kritische opstelling van splijtstofelementen te kunnen verrichten in de krito-installatie te Petten.

De ver doorgevoerde controle op de fabricage en de montage veroorzaakte onverwachte vertragingen ten gevolge van afkeuring van materiaal en onderdelen, welke niet aan de specificaties voldeden.

Met voldoening mag evenwel worden geconstateerd dat bij de leveranciers en montagefirma's over het algemeen in toenemende mate begrip werd gevonden voor de door de G.K.N. opgestelde eisen en normen. Ook hier dient nogmaals gememoreerd dat de contacten met de Arbeidsinspectie en Stoomwezen betreffende de veiligheidsaspecten van de installaties veelvuldig waren.

De bijeenkomsten met het panel van de Europese deskundigen onder auspiciën van Euratom waren in de maanden juni en september.

Een aantal van de belangrijkste aspecten van de kernenergiecentrale te Dodewaard zijn in publikatievorm verschenen. Een lijst van deze publikaties is in bijlage II bijgesloten. Vermeld kan nog worden, dat een evaluatie van een gedeelte van de bouw, in het bijzonder het reaktorgebouw met insluitingssysteem, reaktorvat en het inwendige van het reaktorvat, zoals de vervaardiging van de splijtstofelementen en de regelstaven, zal worden vervat in een speciale uitgave van het tijdschrift "Lastechniek", orgaan van de Stichting Nederlands Instituut voor Lastechniek.

2. SPLIJTSTOF.

2.1. Splijtstoffabrikage.

Een overeenkomst was gesloten tussen G.K.N., IGEOA en NUKEM voor de vervaardiging van de "pellets" en ook tussen G.K.N., IGEOA en PHILIPS voor de vervaardiging van de elementen.

In deze overeenkomsten werd IGEOA gemachtigd voor G.K.N. als haar vertegenwoordiger op te treden.

De firma NUKEM vervaardigt de tabletten volgens tekeningen en specificaties van General Electric. De totale hoeveelheid UO_2 , die tot de eerste kernlading behoort, bedraagt 10.600 kg (2,5% verrijkt UO_2). Het verrijkte uranium wordt in de vorm van UF_6 in Oak Ridge bij US AEC gekocht.

De levering van Uraanhexafluoride vanuit Oak Ridge naar Hanau is ongeveer volgens onderstaand schema geschiedt (de gewichten hebben betrekking op UO_2 , niet op UF_6).

| | | |
|----|---------------|----------|
| 1) | 23e week 1966 | 1 060 kg |
| 2) | 29e week 1966 | 1 060 kg |
| 3) | 35e week 1966 | 1 060 kg |
| 4) | 41e week 1966 | 1 060 kg |
| 5) | 44e week 1966 | 3 180 kg |
| 6) | 9e week 1967 | 3 180 kg |

Totaal 10 600 kg
=====

De firma NUKEM is aansprakelijk voor alle werkzaamheden en andere dienstverleningen, welke moeten worden verricht van het tijdstip af, waarop de UF_6 in Oak Ridge door haar in ontvangst wordt genomen tot de datum van aflevering der UO_2 -tabletten in Petten.

De levering van de tabletten aan Philips in Petten diende in 13 ladingen van ca. 900 kg elk te geschieden, t.w.:

| | | | |
|----|---------------|-----|---------------|
| 1) | 32e week 1966 | 8) | 14e week 1967 |
| 2) | 37e week 1966 | 9) | 19e week 1967 |
| 3) | 42e week 1966 | 10) | 24e week 1967 |
| 4) | 47e week 1966 | 11) | 29e week 1967 |
| 5) | 52e week 1966 | 12) | 34e week 1967 |
| 6) | 4e week 1967 | 13) | 39e week 1967 |
| 7) | 9e week 1967 | | |

Dit afleveringsschema is ondanks extra werkzaamheden bij het aanlopen zeer redelijk aangehouden.

De fabrikage van de uraniumdioxide tabletten door NUKEM (Nuclear Chemie en Metallurgie G.m.b.H.) werd voltooid. De vervaardiging en assemblage van de splijtstofelementen door N.V. Philips' Gloeilampenfabrieken kwam in een vergevorderd stadium.

3. CIVIELTECHNISCH EN BOUWKUNDIGE WERKEN.

3.1. Inleiding

Lag, voor wat betreft de bouwkundige werken, in het voorgaande verslagjaar het accent nog zeer sterk bij de ruwbouw, dit jaar kwam de nadruk steeds meer te liggen bij de afbouw, terwijl eveneens in vele gebouwen begonnen resp. voortgegaan werd met het monteren van de installaties.

Na het inbrengen van de beide drukvereffeningsvaten in februari van dit jaar was voor de bouw een zeer belangrijk moment het inhijzen van de reaktorkamer op 24 mei.

Hierna kon namelijk worden voortgegaan met het dichtmaken van het reaktorgebouw door het verder monteren van de staalkonstrukties en het aanbrengen van de luchtdichte beplating van de wanden en de dakbeplating. Eveneens kon een begin worden gemaakt met het storten van het biologisch schild, dat aan het einde van dit jaar gereed kwam.

Verder kwam gereed de ruwbouw van het afvalgebouw, terwijl met het in september op hoogte komen van de ventilatieschacht zowel letterlijk als figuurlijk een hoogtepunt bij de bouw werd bereikt.

Van de waterbouwkundige werken dienen genoemd te worden het gereed komen van de taludverdediging in de haven, alsmede het herstel van de in het voorgaande jaar beschadigde bekleding van de dam in de Strang.

3.2. Ontwerp.

Met betrekking tot het ontwerp werd o.m. de beslissing genomen over de wijze van uitvoering van de luchtdichte beplating, resulterende in het opstellen van een montageprocedure, de indeling van het reaktorwaterzuiveringssysteem, de konstruktie van de sluisdeuren in het reaktorgebouw en de uitvoering van het stapelmetselwerk voor het dichten van diverse sparingen en openingen.

De belangrijkste opgave was echter wel de definitieve uitwerking van de konstruktie van het biologisch schild.

De belangrijkste punten hierbij waren:

- a. De konstruktie van de horizontale voeg op 19.00 m + N.A.P.
- b. De konstruktie van de horizontale voeg op 28.00 m + N.A.P.
- c. Het detailleren van de voorspanning.

ad a. Voeg op 19.00 m + N.A.P.

Aan deze voeg wordt de eis gesteld, dat zij in staat is het gewicht van het daarboven gelegen gedeelte van het biologisch schild naar de fundatie over te brengen, terwijl tevens het gedeelte van het biologisch schild, gelegen tussen de voegen van 19.00 + N.A.P. en 28.00 + N.A.P., zich moet kunnen verplaatsen ten opzichte van het daar onder gelegen gedeelte. Na een diepgaande studie en het vergelijken van de verschillende mogelijkheden voor de uitvoering van deze voeg werd tenslotte, in nauw overleg met de opdrachtgever, besloten tot het toepassen van glijdlagers.

Deze glijdlagers zijn uitgevoerd als grafietblokken met een diameter van 40 cm en een hoogte van 10 cm, rustende op een zeer fijn bewerkte stalen voetplaat, welke in de beton is verankerd. (fig. 1).

In totaal zijn in deze voeg 15 glijdlagers ontworpen.

ad b. Voeg op 28.00 m + N.A.P.

Aan deze voeg wordt de eis gesteld, dat, na het verharden, het bovengelegen deel van het biologisch schild niet mag afsteunen op het eronder gelegen gedeelte.

Ook dient deze voeg een horizontale verplaatsing van het eronder gelegen deel van het schild toe te laten. Eveneens dienen geringe vertikale verplaatsingen in deze voeg te kunnen worden opgenomen.

Teneinde aan vorengenoemde eisen te kunnen voldoen is deze voeg in eerste instantie uitgevoerd als een zogenaamde zandvoeg, waarbij het erboven gelegen deel van het biologisch schild is gestort op een met staalplaten afgedekte laag zand. In een later stadium van de bouw is dit zand verwijderd, waarna de belastingen van het bovenste deel van het biologisch schild via de wanden van het splitsstofbassin in de gebouwkonstructie naar de fundering konden worden afgevoerd.

ad c. Voorspanning.

Het gedeelte van het biologisch schild tussen de voegen op 19.00 m + N.A.P. en 28.00 m + N.A.P. is voorgespannen.

Deze voorspanning heeft tot doel het opnemen van de trekspanningen als gevolg van ongelijke temperaturen aan binnen- en buitenzijde van het schild. In totaal zijn 110 voorspankabels aangebracht, waarvan 60 stuks langs de buitenomtrek en 50 stuks langs de binnenomtrek. (fig. 2)

3.3. Uitvoering.

3.3.1. Reaktorgebouw.

- In januari werd, aan de westzijde van het gebouw, begonnen met de montage van de staalkonstruktie boven 36.00 m + N.A.P. Na het inbrengen van de beide drukvereffeningsvaten in februari en het inhijzen van de reaktorkamer in mei, kon in de maand juni het tweede gedeelte van de staalkonstruktie worden gemonteerd.

Aansluitend op de montage van de staalkonstruktie vond het aanbrengen van de luchtdichte wandbeplating plaats, welke werkzaamheden in september gereed kwamen. De volgorde en de wijze van uitvoering van deze montage geschiedde aan de hand van een van tevoren opgestelde montageprocedure. (zie bijlage III).

Na het gereedkomen van deze beplating is deze op een tweetal plaatsen op luchtdichtheid beproefd. Hierbij werd aan de buitenzijde een doosconstructie geconstrueerd, welke gedurende driemaal 24 uur onder overdruk werd gehouden. De konstruktie bleek hierbij volledig aan de gestelde eisen te voldoen.

Na het gereedkomen van staalkonstruktie en luchtdichte beplating werd de dakkonstruktie aangebracht, welke eveneens luchtdicht is uitgevoerd. Voor het inbrengen van het reaktorvat in januari 1968 diende één van de spanten van de staalkonstruktie, alsmede de beplating van de beide aangrenzende velden, te worden uitgenomen. In verband hiermede werden twee middenvakken van een tijdelijke afdichting voorzien.

Teneinde, na het inhijzen van het reaktorvat, het opnieuw monteren van de stalen dakplaten met de verdere afwerklagen onder alle weersomstandigheden mogelijk te maken, werd besloten boven de beide vorengenoemde vakken een tijdelijke noodoverkapping aan te brengen. Deze noodoverkapping werd aan het einde van het jaar gemonteerd.

- Biologisch schild

Na het inbrengen en afstellen van de reaktorkamer in mei kon in juni van dit jaar met het storten van het biologisch schild een aanvang worden gemaakt. Teneinde het tijdverlies, ontstaan door de te late aflevering van de reaktorkamer, zoveel mogelijk te compenseren, werd besloten de uitvoering van het biologisch schild in twee ploegen te doen plaatsvinden.

Hiermede kon een verkorting van de bouwtijd van ongeveer zeven weken gerealiseerd worden. Na verkregen toestemming van de Arbeidsinspectie werd in augustus met het werken in twee ploegen begonnen. De volledige inzet van alle betrokken partijen, de wekelijkse bewaking van de voortgang aan de hand van een, eveneens in overleg met alle betrokkenen, opgezet zeer gedetailleerd tijdschema heeft geleid tot het gewenste tijdig gereed komen van dit biologisch schild op 14 december van dit jaar.

- Afbouw.

In het gebouw kwam gereed het metselwerk boven de vloer van 36.00 + m N.A.P., alsmede het schilderwerk van de gebouwkonstruktie in verschillende ruimten.

Een begin werd gemaakt met het schilderen van de installaties.

- Ruwbouw.

Aan de noordzijde van het gebouw werd de kabelkoker gestort, terwijl eveneens de verschillende wanden en vloeren in de ruimten van het reaktorwaterzuiverings-systeem werden aangebracht.

3.3.2. Turbinegebouw.

Afgezien van het storten van de betonwanden voor de radioactieve ruimten en het stellen van de staalkonstrukties voor de verschillende bordessen, hebben de werkzaamheden in dit gebouw voornamelijk in het teken van de afbouw gestaan.

In september kwam de binnenbeplating van de machinehal gereed, terwijl op de verschillende vloeren de epoxyvloerafwerkingen werden aangebracht.

Een groot gedeelte van het schilderwerk aan gebouw en installaties is gereed gekomen.

3.3.3. Nevengebouw.

- Afvalgebouw.

Na uitvoering van het benodigde grondwerk en het afhakken van de paalkoppen werd in februari de begane-grondvloer voor dit gebouw gestort.

In juni kwam, met het storten van de dakvloer, de ruwbouw gereed.

Hierna werd in de maanden augustus en september het metselwerk aan de gevels uitgevoerd, terwijl in oktober het gebouw van een tijdelijke dakafwerking werd voorzien.

- Waterbehandelingsruimte.

In deze ruimte werd de epoxyvloerafwerking aangebracht, terwijl het schilderwerk aan gebouw en installaties grotendeels gereed kwam.

- Regelzaal, toegangskontrolé en laboratoria.

In deze ruimten kwamen wand- en vloerafwerkingen, de montage van de vrijdragende plafonds, het plaatsen van de tussenwanden, alsmede het schilderwerk grotendeels gereed.

3.3.4. Koelwatergebouw.

In het gebouw werden diverse kleine staalkonstrukties gemonteerd, terwijl eveneens de stalen opbouw, waarin de pompen zijn ondergebracht, gereed kwam.

Voor de aansluiting van de koelwaterleidingen op het gebouw werd het benodigde grondwerk uitgevoerd.

De aansluiting tussen het koelwatergebouw en het koelwaterafvoerkanaal werd tot stand gebracht door het heien van stalen damwanden, waartussen werd ontgraven.

3.3.5. Ventilatieschacht.

Nadat was gebleken, dat de aanwezigheid van deze schacht noch de demontage van de mast van Werkspoor, noch het inbrengen van het reaktorvat in de weg zou staan, werd in augustus met de bouw een aanvang gemaakt.

Hierbij is gebruik gemaakt van een glijbekisting, waardoor het mogelijk was reeds in september het hoogste punt, 100 m boven het maaiveld, te bereiken.

3.3.6. Waterbouwkundige werken.

Door Prepakt N.V. werd de taludverdediging van de haven voltooid.

Eveneens werd door deze firma de beschadigde bekleding op het binnentalud van de dam in de Strang hersteld door het aanbrengen van een laag geconsolideerd grind.

Aan de Fa. Verhagen werd een aantal werkzaamheden in de haven, zoals uitbaggeren, aanbrengen van zinkstukken in de toegangsgeul, het aanbrengen van een taludverdediging aan de zuidzijde van de bouwterp, het onder profiel brengen van de taluds en het plaatsen van een viertal dukdalven opgedragen.

4. WERKTUIGBOUWKUNDIG.

4.1. Algemeen.

Gedurende het jaar werd de montage van o.m. de volgende installaties voltooid:

- de koelwaterinstallatie
- de waterbehandelingsinstallaties
- de ventilatie-installatie
- de drukluchtvoorziening
- diverse bedieningsgereedschappen.

Wat betreft de grote onderdelen, waarvan de fabricage gereed kwam en die grotendeels geïnstalleerd werden, kunnen onder meer genoemd worden:

- de generator
- de turbine
- het reaktorvat en het binnenwerk
- de insluitingsvaten
- de warmtewisselaars
- de voedingspompen
- de regelstaaf- en fluxmonitorpijpen.

Aan enige onderwerpen zal bijzondere aandacht worden besteed, waarbij de leveranciers hun medewerking verleenden bij het tot stand komen van de rapportage.

Deze onderwerpen bestaan achtereenvolgens uit:

1. Warmtewisselaars en indampinstallatie voor radio-actieve afval.
2. De waterbehandelingssystemen van de kernenergie-centrale.
3. Hydraulische systeem voor de regelstaafaandrijving, geschreven in het Engels: "The Control Rod Drive Hydraulic System".
4. De radioactieve afvalbehandelingsinstallatie.
5. Het niet-destructief onderzoek aan de stompen van het reaktorvat te Dodewaard.

4.2. Warmtewisselaars en indampinstallatie voor radioactief afvalwater.

4.2.1. Warmtewisselaars.

Medio 1966 werd Comprimo N.V., Amsterdam, het ontwerp en de levering opgedragen van onderstaande warmtewisselaars:

NCS-W1
RAS-W1, SBK-W1 en W2
RZS-W2 a, b, c
RZS-W3
GKS-W1 en W2
DAS-W1 en W2

Zij werden gefabriceerd door de Ned.Dok & Scheepsbouw Maatschappij te Amsterdam.

Alvorens met de fabricage kon worden begonnen, moesten ca. 20 verschillende lasprocedures worden vastgesteld. Gezien de hoge standaard, welke nu eenmaal moet worden aangelegd voor werkzaamheden ten behoeve van een kernenergiecentrale, eiste de bepaling van de procedures bijzonder veel aandacht. Het moeilijkst bleken de procedures voor geplatteerd materiaal.

Het gloeien van pijpen met geringe diameter, toegepast in de haarspeldbundels van de warmtewisselaars, kan aanleiding geven tot sterke vervorming. Dank zij een aantal voorproeven konden moeilijkheden bij het gloeien van deze bundels worden vermeden.

Tijdens het gloeien werd de gelijkmatigheid van de temperatuur in de oven nauwkeurig in de hand gehouden; bovendien werd vóór de gloeioven een sproei-koelinrichting opgebouwd, waardoor de vereiste afkoelsnelheid kon worden bereikt.

Het buigen van de pijpen voor de haarspeldbundels werd door de firma Thyssen in Düsseldorf uitgevoerd; deze gebruikte voor de kleinere buigstralen een stuik-buigmachine, welke een constante wanddikte van de pijpen in de bochten kon bereiken.

De controle op de fabricage is bijzonder intensief geweest; de keurmeester van Comprimo N.V. legde ruim 125 keuringsbezoeken af, terwijl bovendien van de zijde van het G.K.N. regelmatig inspectiebezoeken werden gebracht.

Alle warmtewisselaars met uitzondering van de noodcondensor werden in 1967 op de bouwplaats afgeleverd. De fabricage van de noodcondensor werd opgehouden door in overweging zijnde capaciteitswijzigingen.

Om het montageprogramma niet te vertragen, werd in overleg met G.K.N. besloten, de fabricage van romp en pijpenbundels te scheiden, zodat de romp tijdig kon worden gemonteerd.

De pijpenbundels, die inmiddels het eindstadium van de fabricage naderen, zullen begin 1968 worden afgeleverd.

4.2.2. Indampinstallatie voor radioactief afvalwater.

Op 20 december 1966 verstrekte G.K.N. aan Comprimo N.V. de opdracht voor het ontwerp en de levering van een 2-traps indampinstallatie voor radioactief afvalwater.

G.K.N. liet de keuze op het ontwerp van Comprimo N.V. vallen, omdat het Comprimo-ontwerp een compacte bouw heeft en economisch is, doordat gebruik wordt gemaakt van het "warmte-pomp principe" (compressie van de door verdamping gevormde waterdamp en gebruikmaking van de condensatiewarmte van deze damp voor het verwarmen en verdampen van het te zuiveren water). Bovendien heeft Comprimo een installatie van praktisch dezelfde capaciteit verzorgd voor het Reactor Instituut Delft, welke reeds jarenlang met goede resultaten in bedrijf is. De installatie werkt continu in de eerste trap en "batchwise" in de tweede trap.

Omdat de radioactiviteit van het residu bij de G.K.N.-installatie hoger zal zijn dan die bij de Delftse installatie, is een grotere mate van afscherming met daarmede samenhangende afstandsbediening nodig voor de in Dodewaard te plaatsen installatie. Ook de eisen, te stellen aan het laswerk, zijn hierdoor hoger dan die voor Delft.

De levering en montage van apparaten en leidingen werd door Comprimo opgedragen aan Bronswerk Fijenoord. De specificaties ten aanzien van lassen en materiaalbehandeling werden in nauw overleg tussen G.K.N. en Comprimo opgesteld.

Ook in dit geval werd de uitvoering door de keuringsafdeling van Comprimo N.V. intensief gecontroleerd, terwijl G.K.N. eveneens regelmatig inspecteerde.

Verwacht wordt, dat de installatie medio mei 1968 kan worden opgeleverd.

4.3. De waterbehandelingssystemen van de Gemeenschappelijke Kernenergiecentrale Nederland te Dodewaard.

4.3.1. Inleiding.

De waterbehandelingssystemen voor de nukleaire centrale te Dodewaard zijn door de N.V. Duper Waterreiniging in nauw overleg met de staf van de G.K.N. ontworpen en gebouwd. De ontwerpfase begon in het voorjaar van 1966. De eerste installatie, de suppletiewater-demie, is in de herfst van 1967 in bedrijf genomen. Voor de overige systemen zal dit in het voorjaar van 1968 geschieden.

In totaal zijn gebouwd 5 verschillende systemen, namelijk:

1. de suppletiewater-demie;
2. een kondensaat-reinigingssysteem;
3. een licht verontreinigd afvalwatersysteem;
4. het reaktorwaterzuiveringssysteem;
5. een centraal harsregeneratiestation.

4.3.2. De suppletie-water-demininstallatie.

Dit is een conventionele demineralisatie-installatie, bestaande uit een sterkzuur kationfilter, een koolzuuruitdrijftoren, een zwakbasisch anionfilter, een sterkbasisch anionfilter en een mengbed. De capaciteit van de installatie bedraagt 5 m³/h. Voor gebruik van bronwater is een ontijzeringsfilter voorgeschakeld waarvan de afloop eventueel aangevuld met leidingwater, naar een opslagtank wordt gevoerd en vandaar over de demiestraat. De filters worden geregenereerd met verdund zwavelzuur en natronloog. De opslag en verdunning van zwavelzuur heeft speciale konstruktie-uitvoeringen geleverd, waarbij gebruik is gemaakt van pentonbeklede onderdelen. De installatie is handbediend en voorzien van een stuurkast, waarop alle pompbesturingen, geleidbaarheidsmetingen en alarmeringen zijn ondergebracht.

4.3.3. Het kondensaat-reinigingssysteem.

Dit systeem is geschakeld in de kondensaat-retourleiding tussen 1e en 2e trap van de pompen en kan zo nodig alle kondensaat reinigen. Het bestaat uit twee mengbedfilters, diameter 1900 mm, gevuld met 1800 liter kationhars en 900 liter anionhars. De filters zijn uitgevoerd in geëboniteerd staal, de gehele bedieningskombinatie in roestvaststaal met dito schuif- of klepafsluiters. De belasting per filter bedraagt maximaal 315 m³/h. De filters kunnen zowel in serie als parallel lopen. Een cirkulatiepomp kan na het inbrengen van de hars ingeschakeld worden, zodat de systemen door rondpompen worden schoongespoeld, voordat ze weer in bedrijf worden genomen.

De filters zijn achter afschermmuren geplaatst evenals een groot aantal afsluiters in de combinatie. Deze zijn d.m.v. spindeldoorvoeringen voor de afschermmuur te bedienen. Alleen de pomp met bijbehorende afsluiters en cirkulatieleidingen bevindt zich voor deze muur. Daar extern wordt geregenereerd bevatten deze mengbedden geen chemicaliënverdeelrooster, wel de normale sproeierbodem met roestvaststaal sproeiers en de nodige inrichtingen voor het lossen en schoonspoelen van de harsen.

4.3.4. De licht verontreinigd afvalwater-demininstallatie.

Aan de watereconomie is in deze centrale de grootste aandacht besteed. Daarom wordt alle spoel- en waswater etc. opgevangen in opslagtanks. Vanaf deze opslagtanks kan het via filters en cyclonen, gevolgd door een ionenwisselaar weer gezuiverd worden en weer opnieuw gebruikt.

Het waterverbruik kan afgeleid worden uit de maximale capaciteit van de suppletie-demie (5 m³/h) en die van de verdampingsinstallatie (500 l/h). Voor het zuiveren van dit afvalwater is een ionenwisselaar gebouwd. Deze bevindt zich in het waterbehandelingsgebouw. Het filter is van normale konstruktie d.w.z. staal, geëboniteerd, diameter 1600 mm en gevuld met 1800 liter kationhars en 900 liter anionhars. Het filter is enkelvoudig uitgevoerd. De bedieningskombinatie is uitgevoerd in roestvaststaal en voorzien van bedieningsafsluiters, die alle elektrisch worden bediend vanuit het centrale bedieningspaneel in de waterbehandelingsinstallatie. Het spoelwater wordt via een drainbak en drainpomp afgevoerd naar een opslagtank. Ook dit filter is ingericht voor het overbrengen van de uitgewerkte hars naar het harsregeneratiestation.

4.3.5. Het reaktorwaterzuiveringssysteem.

Dit systeem is opgenomen in het primaire circuit van het reaktorsysteem. Het bestaat uit twee roestvrijstalen filters, diameter 1900 mm, voorzien van 1300 liter kationhars en 650 liter anionhars. Maximale belasting 17 m³/h. Het geheel is geplaatst achter afschermuren, waarbij de in roestvrijstaal uitgevoerde bedieningskombinatie door de eerste afschermmuur heenreikt, waarvoor de afsluiters zijn gemonteerd. Deze galerij is opnieuw afgesloten door een tweede afschermmuur, waardoor de spindelbedieningen zijn gevoerd voor de bediening van de afsluiters. De afsluitergalerij zal alleen toegankelijk zijn tijdens bedrijfsstops en is nodig voor onderhoud van de afsluiters. Tijdens normaal bedrijf wordt de uitgewerkte hars vanuit dit systeem rechtstreeks naar de harsvervaltank gevoerd, waarbij nieuwe hars van bovengelegen verdieping kan worden ingestort.

4.3.6. Harstransport en centrale regeneratie.

Voor de kondensaatreiniging en het licht verontreinigd afvalwater is gekozen voor een centraal regeneratiesysteem. Dit vooral met het oog op het gevaar van het introduceren van de regeneratiechemicaliën in de circuits.

Voor het reaktorzuiveringssysteem is gekozen voor eenmalig gebruik van de harsen, die daarna naar een afgeschermd harsvervaltank kunnen worden gestuurd.

Om dit harstransport te verwezenlijken zijn op uitgebreide schaal proefnemingen genomen, waarbij als eis werd gesteld dat de hoeveelheid hars, die in de filters zou achterblijven kleiner dan 1% van de totale vulling zou moeten zijn en dat de hoeveelheid water nodig voor het transport tot een minimum beperkt zou moeten blijven.

De harsen voor condensaat en L.V.A. resp. 1800 liter kation- en 900 liter anionhars, worden uit de betreffende tanks naar een kationopslagtank in het H.R.S. gevoerd en daar gescheiden. De bovenlaag, de anionhars, wordt daarna overgepompt naar de anionregeneratietank. Een reserve, reeds geregenereerde, vulling, aanwezig in de derde tank, de mengtank van het H.R.S., wordt daarna teruggepompt naar het lege filter, zonodig gemengd en uitgespoeld, waarna de eenheid weer in bedrijf kan worden genomen. Tijdelijk is deze zelfde voorziening ook voor het reaktorzuiveringssysteem gekozen, omdat in de opstartfase het weggooien van de hars een te kostbare aangelegenheid zou worden.

4.3.7. Het harsregeneratiestation.

Zoals hierboven al aangegeven, bestaat het harsregeneratiestation uit 3 tanks; de kationregeneratietank, de anionregeneratietank en de mengtank. In dezelfde ruimte zijn aangebracht de regeneratie-apparatuur voor zwavelzuur en natronloog. De installatie is volledig automatisch uitgevoerd met Saunders drukbediende afsluiters. De magneetkleppenkast is buiten de afgeschermd ruimte tegen de afschermmuur geplaatst. Tegen dezelfde ruimte is eveneens de centrale stuurkast geplaatst.

Door een zorgvuldige keuze van vergrendelingen is het onmogelijk de hars of chemicaliën in de verkeerde systemen te pompen. Een hoofdtrek van deze beveiliging vormt het systeem, dat het regeneratiepaneel pas dan onder spanning kan worden gezet als alle harsafsluiters gesloten zijn. Verdere vergrendelingen zorgen ervoor dat, nadat een bepaalde keuze van transport van de hars naar het harsregeneratiestation of omgekeerd is gemaakt, alleen de betreffende kleppen in die lijn kunnen worden geopend, waarbij de andere automatisch dicht gaan of dicht moeten zijn. Is op deze wijze de hars uit een werkfilter naar de kationregeneratietank gevoerd, dan wordt in eerste instantie door opspoeling de hars gescheiden. Op de scheiding bevindt zich een rooster, waardoor de bovenlaag van anionhars naar de anionregeneratietank kan worden gespoeld. De nu volgende regeneratie met verdund loog c.q. zuur wordt volledig automatisch uitgevoerd en kan gelijktijdig in beide filters geschieden. Voldoet de afloop van de respectievelijke filters aan de gestelde kwaliteit, dan wordt de hars uit beide tanks naar de mengtank gevoerd, daar gemengd, nagespoeld en opgeslagen. Op deze wijze is er altijd een reservevulling aanwezig, waarbij de stilstand van een betreffend werkfilter tot een minimum - ca. 1 uur - kan worden beperkt.

Het H.R.S. is op de conventionele wijze geconstrueerd, d.w.z. alle tanks, pijpleidingen e.d. zijn geëboniteerd. Alle harstransportleidingen zijn uitgevoerd in roestvaststaal. Voor de harsafsluiters wordt gebruik gemaakt van een kogelkraan. De afvoer van spoel- en chemicaliënwater geschiedt via drainbakken en een drainpomp. Afhankelijk van de geleidbaarheid van het water wordt dit respectievelijk naar de chemicaliënafvaltank, dan wel naar de opslagtank teruggevoerd. Aangezien alle chemicaliën verwerkt dienen te worden door de indampinstallatie moet de hoeveelheid hiervan tot het uiterste beperkt blijven. Het bleek mogelijk door middel van geleidbaarheidsmetingen en sturing van kleppen in de diverse afvoeren een goede scheiding tussen spoelwater en chemicaliënafval te bewerkstelligen.

4.3.8. Technische uitvoering van de installaties.

Aan de keuring en uitvoering van deze installaties is zeer veel aandacht besteed. Alle tanks zijn uitgevoerd onder keur Stoomwezen, terwijl alle roestvrijstalen pijpwerk moest voldoen aan de materiaal- en lasspecificaties van de G.K.N.

De zeer beperkte ruimte, die voor deze installaties was gepland heeft de nodige problemen in het ontwerpstadium geleverd. Ook in de constructiefase zijn veel onverwachte moeilijkheden opgetreden, die tot vertraging in het oorspronkelijke tijdschema hebben geleid. Hiertegenover staat, dat het oplossen van de specifieke problemen die bij deze projecten optreden, aan de medewerkers van de N.V. Duper Waterreiniging veel voldoening heeft geschonken.

4.4. Hydraulisch systeem voor de regelstaafaandrijving.

Zie hiervoor bijlage IV.

4.5. Radioactieve afvalbehandelingsinstallatie.

Daar de G.K.N. te zwak bemand was in de ontwerpsector om het volledige ontwerpwerk voor de afvalbehandelingsinstallatie geheel zelf uit te kunnen voeren, werd het ingenieursbureau Alpha Engineering aangezocht voor het verrichten van ontwerp- en tekenwerkzaamheden voor deze installaties.

Op 16 januari 1967 werd door Alpha begonnen aan het ontwerp van de radioactief afvalbehandelingsinstallatie van de kernenergiecentrale te Dodewaard.

Uit de door G.K.N. aan Alpha verstrekte basisgegevens bleek al spoedig dat G.K.N. een vrij vast omlijnd plan had hoe radioactief afval behandeld diende te worden. De gebouwen met fundaties, die hiervoor nodig waren, waren reeds voor een groot gedeelte opgetrokken. Mogelijke wensen voor kelderruimten en/of verdiepingen van het te ontwerpen systeem waren hierdoor uitgeschakeld.

De aan Alpha verstrekte basisgegevens hielden in het kort het volgende in:

- a. Algemene lay-out van de centrale;
- b. Summier schema;
- c. Gegevens van een door derden te bouwen afvalgebouw, welke regelmatig door de G.K.N. beschikbaar werden gesteld;
- d. Opgave van merken en fabrikaten voor onderdelen, welke volgens de G.K.N. de voorkeur hadden.

Het volgende is een uiteenzetting aan de hand van het bijgevoegde schematische overzicht van de uiteindelijk tot stand gekomen installatie (fig.3).

Het radioactief afval komt met spoelwater terecht in zes roestvrijstalen opslagtanks (tanks no. 1, 2, 3, 4, 5, 6). In deze tanks zakken de in de suspensie bevindende afvaldeeltjes uit tot een soort koek, die al naar gelang van de toevoer zich meer en meer op-hoopt. Na het indikken in de tanks wordt het overschot aan water afgevoerd en via de neutralisatietank 8 naar de indamper (9) verpompt.

Is de koek tot een zekere hoogte gekomen dan wordt deze met behulp van lucht, hogedruk water en eventueel met een speciaal daarvoor ontworpen mechanisme losgewerkt en als een dikke suspensie verpompt naar de R.A.-afval-doseertank (no. 13).

De bedoeling is om met behulp van de centrifugaal afvalfilter, merk Funda, het water van de vaste deeltjes te scheiden. Voor de goede werking van dit centrifugaal (Funda) filter is een zogenaamde precoat dosering (no. 12) noodzakelijk.

Van het Funda filter komt de droge stof in de hopper (15). Droging geschiedt door middel van lucht, die uiteraard niet rechtstreeks in de omgeving wordt uitgeblazen, maar in een speciaal luchtbehandelings-systeem wordt opgenomen.

Van de hopper wordt het droge radioactieve poeder tegelijk met cement in een drum gedoseerd, zie 16, 11, 20, 17.

Cement en het radioactieve afval wordt vervolgens met een vertikaal beweegbare snelmenger (18) geroerd, waarna door een half automatische deksel-sluitmachine het deksel op het vat wordt gezet. De vaten worden vervolgens naar de tijdelijke opslag van de centrale getransporteerd.

Gold het bovenstaande voor de verwerking van radioactieve vaste deeltjes, de vloeibare radioactieve chemicaliën komen echter in een aparte opslagtank (7), waarna deze vloeibare chemicaliën via de neutralisatietank (8) naar de indamper (9) worden verpompt. Het transportwater dat na het afscheiden van de vaste delen in de A.O.-tanks achterblijft wordt door monstername onderzocht en indien dit water zout blijkt te zijn, wordt het in de zoutwatertank opgeslagen en daarna afgevoerd naar de hoofdkondensaatleiding.

Reeds spoedig na het aanvaarden van de opdracht bleek, dat het onderkennen en het oplossen van de detailproblemen veel tijd zou vergen.

Gezien het experimentele karakter van de installatie en de uiterst summiere ervaringsfeiten die voor de speciale Dodewaard installatie beschikbaar waren is de tijd die voor oplossing van bovengenoemde problemen benodigd was immer gemotiveerd geweest. Wederzijds begrip en samenwerking ten aanzien van dergelijke problemen is altijd goed en prettig geweest.

Het volgende is een opsomming van problemen die geanalyseerd, ontworpen en in detail uitgewerkt moesten worden, voordat tot aanschaffing en montage kon worden overgegaan.

- a. Konstruktie van de R.A.V.-pompen geschikt voor R.A.-afvaltransport.
- b. A.O.-tanks met spec. bodemafluiters en een inrichting om de afvalkoek in de opslagtanks te breken.
- c. Een serie proeven om de juiste wijze van mengen van cement met R.A.-afval te vinden.
- d. Voortvloeiend uit sub. c. het toepassen van een spec. cement snelmenger, nodig om de voor het mengen met afval vereiste consistentie van cement te krijgen.
- e. Een automatische weeginrichting met elektronische afstandaflezing.
- f. Afvaldosering door middel van een verende buffer-tank met doseersluis.
- g. Proeven om te onderzoeken of de centrifugaalfilter aan de eisen voldeed.
- h. Een halfautomatische deksel sluitmachine voor het op afstand sluiten van de afvaldrums.
- i. Besturing en blokkering van pompen, appendages en instrumenten.

- j. Panelen en bedieningssets voor pompen.
- k. Vatentransportinrichting.
- l. Cementopslag met vulling en doseringsinstallaties.
- m. Precoatpoederbuffer met dosering.

Om radioactieve verontreiniging door andere stoffen dan de afval, zoveel mogelijk te beperken, werden alle onderdelen, welke direct of indirect met het R.A.-systeem in verbinding stonden, uit roestvrijstaal vervaardigd.

Het uiteindelijke produkt van deze installatie is een stalen drum van 200 liter inhoud, waarin R.A.-afval met aangemaakt cement, in een verhouding van 1 op 6, tot een homogene massa worden vermengd en verhard.

4.6. Niet-destructief onderzoek aan de stompen van het reaktorvat.

4.6.1. Conclusies omtrent het ultrasoon onderzoek van de ingelaste stompen.

In het hierna beschreven onderzoek waren in feite te veel eisen gesteld, die voor de onderzoekpraktijk van weinig of geen waarde waren. Zo had de fabrikant in de ASME-code gelezen dat alleen een rechte taster met 24 mm diameter gebruikt mocht worden. Het toepassen van een dergelijke grote tasterdiameter op het ronde binnenoppervlak van de stompen, waarvan sommige met een diameter van $1\frac{1}{2}$ ", is praktisch onmogelijk.

Aan de andere kant werden er door de keuringsinstanties van GE, die de eerste tijd inspectie op de wezenlijke onderdelen van de reaktorinstallatie voor de G.K.N. verzorgden en waarvan mocht worden aangenomen, dat zij de juiste criteria aanlegden, zeer hoge eisen gesteld. Juist door de meer verfijnde methode van onderzoek, die de ultrasone in feite is t.o.v. de andere drie kon men zich niet aan de indruk onttrekken, dat de aangelegde eisen in verhouding te zwaar waren en dat er in de praktijk bijna niet aan te voldoen was om een las te leggen, die in zijn geheel zogenaamd ultrasoon schoon is.

Bij het uitvoeren van de reparaties is wel duidelijk gebleken dat deze lang niet altijd in alle opzichten een verbetering gaven, daar tijdens deze reparatie t.g.v. inwendige spanningen weer andere fouten kunnen optreden.

Dat men ook elders kennelijk op dezelfde moeilijkheden is gestuit, mag wel blijken uit het feit dat het hoofdstuk van het ultrasoon onderzoek in de A.S.M.E.-code momenteel geheel wordt gewijzigd.

Waar voorheen bijvoorbeeld geen rekening werd gehouden met de intensiteit van de reflectie in afhankelijkheid van de diepteligging van de fout en dikte van het materiaal, wordt dit nu wel in de beoordeling betrokken. De goed- en afkeurcriteria worden dus beter op de praktijkervaringen afgestemd.

Gebleken is ook dat de rapportage van een u.s.-onderzoek zeer belangrijk is en aan de volgende primaire voorwaarde moet voldoen.

De resultaten moeten zo duidelijk en overzichtelijk worden vastgelegd, dat ook iemand, die niet met de details van het u.s.-onderzoek op de hoogte is, er toch de juiste conclusies uit kan trekken.

Nogmaals moet ook hier ten slotte met klem worden vermeld, dat voordat met een onderzoek wordt begonnen, het zeer belangrijk is dat men over een goede specificatie, afgestemd op de aard van het werkstuk, beschikt. Dit bekort de benodigde inspectietijd en verhoogt de kwaliteit van het onderzoek.

4.6.2. Inleiding.

Het reaktorvat is opgebouwd uit een aantal gesmede en aan elkaar gelaste ringen, vervaardigd uit koolstofstaal type 1,2 MDO 7 met een inwendige diameter van 2,8 meter en een wanddikte van 80 mm. De bodem is bolvormig gesmeed, evenals het afneembare bolle deksel. De totale hoogte bedraagt 12 meter. Het gehele binnenoppervlak is bedekt met een automatisch opgelaste laag roestvaststaal van ca. 6 mm dikte.

Aan het vat zijn in totaal een 25-tal stompen van verschillende diameter en wanddikte gelast. De lasnaadvorm en wanddikte van het vatmateriaal waren zodanig, dat een röntgenografisch of gammagrafisch onderzoek zeer onbevredigende resultaten opleverde.

Een geschikte inspectiemethode bleek hier het ultrasoon onderzoek, hoewel aanvankelijk moeilijkheden, in het bijzonder wat betreft het goed- of afkeurcriterium, werden ondervonden. De kwaliteitscontrole van het door de R.D.M. vervaardigde vat werd uitgevoerd door de "know how"-leverancier General Electric, samen met de kwaliteitscontrole-afdeling van de G.K.N. Later is het u.s.-onderzoek geheel door de G.K.N. verricht.

4.6.3. Ondervonden moeilijkheden met de specificaties.

Het is duidelijk, dat aan de lasverbindingen van een kernreaktorvat uit veiligheidsoogpunt en vanwege de ontoegankelijkheid tijdens bedrijf de allerhoogste kwaliteitseisen moesten worden gesteld.

Omdat het een in Nederland geplaatst met stoomdruk werkend vat betreft, geldt de Stoomwet en zijn de Grondslagen van het Stoomwezen van toepassing. Anderszijds werd overeengekomen dat het vat tevens zou voldoen aan de in de U.S.A. geldende A.S.M.E.-code en wel volgens de nieuwste strenge eisen, zoals die zijn vastgesteld in sectie III: "Nuclear Vessels". Deze A.S.M.E.-code was de oorzaak van interpretatiemoeilijkheden tijdens het u.s.-onderzoek, welke uiteindelijk een belangrijke vertraging in de aflevering tot gevolg had. Zowel voor het röntgenografisch, magnetisch en penetrantonderzoek zijn eenduidige afkeurcriteria opgesteld. Bij deze drie methoden van onderzoek wordt in de A.S.M.E.-code zeer uitdrukkelijk gesteld dat elke scheur, bindingsfout of onvolledige doorlassing niet acceptabel is ("any crack, lack of fusion or incomplete penetration is unacceptable"). Dit is helaas niet het geval voor het ultrageluid onderzoek.

Volgens de A.S.M.E.-standaard voor u.s.-onderzoek zijn alle indicaties hoger dan 80% van de indicatie met een kunstmatige referentiefout verkregen onaanvaardbaar, indien een bepaalde lengte afhankelijk van de plaatdikte wordt overschreden. Bovendien moeten alle indicaties boven de 60% genoteerd worden. De indicaties tussen de 60 en 80% van de referentiefout moeten door de opdrachtgever of fabrikant nader beoordeeld worden. De bij deze standaard gegeven toelichting is aanleiding tot veel verwarring. Alle scheuren, bindingsfouten of onvolledige doorlassing, insluitsels of poreusheid, die een indicatie gelijk of groter dan 80% tot gevolg hebben en die een van de wanddikte afhankelijke lineaire afmeting overschrijden, worden als niet acceptabel beschouwd, maar scheurindicaties onder de 80% reflectie zouden feitelijk geaccepteerd moeten worden. Dit zal iedere inspecteur moeilijk enthousiast maken. Bovendien worden scheuren en bindingsfouten gelijkgesteld aan insluitsels. De kwaliteitsdienst van G.E. stelde zich op het standpunt dat geen scheuren, bindingsfouten of onvolledige doorlassing konden worden geaccepteerd, onafhankelijk van de afmetingen.

Een gevolg hiervan was, dat alle indicaties van iedere u.s. geïnspecteerde las genoteerd werden. Bovendien werden alle indicaties, liggende op de vermoedelijke bindingslijn, beschouwd als bindingsfouten en alle indicaties aanwezig ongeveer op de grondnaad van de las als onvolledige doorlassing. Tot zover het goed-afkeur criterium volgens de A.S.M.E.-code, welke in de verdere eisen niet extreem was en waarvan de volgende zijn te noemen.

Als u.s. inspectie-apparatuur werd, in overleg tussen R.D.M. en G.E., gekozen de Krautkrämer type USIP 9 of USIP 10 met gecombineerde zender-ontvanger tasters. Het materiaal van de kristallen moest barium-titanaat zijn met een diameter van 10 of 24 mm voor de rechte tasters. De hoektasters moeten een afmeting hebben van 20 x 22 mm of 8 x 9 mm, en een inzendhoek tussen de 45° en 80°, afhankelijk van de lasvorm.

De gekozen geluidsfrequentie mocht niet minder dan 1 Mc bedragen, in de praktijk bleek 2 of 4 Mc het best te voldoen.

De inspectie moest manueel verricht worden, met een koppelingsolie, welke een minimum aan chloride, fluoride en zwavel bevatte. Het bleek dat raapolie in deze opzichten het best voldeed, hoewel de geluidsoverdracht van deze raapolie geen overweldigend succes was, hetgeen een vrij hoge versterking noodzakelijk maakte.

In een later stadium bleek dat met deze specificatie, wat betreft het goed- afkeurcriterium, moeilijk praktisch te werken was en een milder criterium noodzakelijk werd. Men lette toen weer meer op de lineaire afmetingen van de gevonden indicaties.

Het onderzoek aan de lassen van de stompen (nozzles) aan het vat had samen met de verrichte reparaties intussen evenwel reeds een half jaar gevegd.

4.6.4. Apparatuur ijking.

In feite zijn twee geijkte apparatuurinstellingen voor het u.s.-onderzoek van belang, namelijk:

- a. de lineairiteit volgens het bekende IIW-ijkblok;
- b. de ingestelde gevoeligheid die de nauwkeurigheid van het onderzoek bepaalt. Deze gevoeligheid werd ingesteld op een stuk vatwand voorzien van een las en loodrecht in het oppervlak geboorde gaatjes met een vlakke bodem, zoals schematisch verduidelijkt in figuur 4.

Uit die figuur blijkt, dat bij het gebruik van een 70° taster de geluidsweg zo lang wordt (468 mm) dat ten gevolge van de demping in het materiaal een zeer hoge versterking noodzakelijk was om 100% reflectie van het ingeboorde gaatje (totale schermbeeldhoogte) te verkrijgen. Het gehele onderzoek is om deze reden met een 45° taster uitgevoerd, de geluidsweg bedroeg hierbij over een gehele sprong 226 mm, ook hier was door de kleine afmetingen van het gaatje nog een vrij hoge versterking vereist.

De nadelen welke deze manier van ijken met zich meebrengt, werden duidelijk toen foutindicaties over de gehele lashoogte werden aangetroffen. Wat is namelijk het geval?

Bij een kortere geluidsweg geven fouten van gelijke afmetingen een hogere reflectie dan wanneer de geluidsweg langer is. Theoretisch zou men dus voor iedere foutdiepte een ijkblok moeten maken. Opgemerkt wordt dat op het moment dat deze metingen werden verricht, zowel bij de R.D.M. als bij de G.K.N. nog niet met zogenaamde AVG-diagrammen gewerkt werd. Deze diagrammen, welke het verband tussen afstand-versterking en geluidsweg aangeven, lossen dergelijke moeilijkheden goed op.

4.6.5. Onderzoek van de lassen van de stompen aan het vat.

Bekijkt men de lasnaadvorm zoals afgebeeld in figuur 5 dan is de conclusie dat deze zeer geschikt is voor u.s.-inspectie.

De verschillende onderzoeken met tussentijds verrichte reparaties worden hierna in chronologische volgorde nader besproken. De lassen van de volgende stompen aan het reaktorvat kwamen voor u.s.-inspectie in aanmerking:

| | | | | | |
|----|------|----|----|-----|-----|
| N2 | 4" | N5 | 8" | N19 | 6" |
| N3 | 5/8" | N6 | 6" | | |
| N4 | 6" | N8 | 3" | N25 | 1½" |

Hierbij zijn de inwendige maten aangegeven, de vorm van de stomp en de las is overeenkomstig figuur 5. Bij het eerste onderzoek is met een hoektaster vanaf de buitenvatwand gemeten, miniatuur 45°, bovendien nog met een rechte taster vanuit de binnenkant van de stomp, voorzover dit met de soms kleine doorlaatopening mogelijk was.

De gevonden resultaten werden opgetekend door de buitenomtrek van de las in klokstanden te verdelen en hierin de bijbehorende reflectiehoogten aan te geven (ijking zoals omschreven bij ijkblok figuur 4).

De ontbrekende dimensie, namelijk de positie van de reflectie onder het oppervlak, werd op deze manier niet vastgelegd. Hierbij kan opgemerkt worden, dat de waargenomen indicaties overwegend afkomstig waren van de grondnaad, dus doorlasfouten; lastechnisch is dit waarschijnlijk ook het meest voor de hand liggend.

Na de verwerking van de gegevens bleek dat bij de interpretatie, welke G.E. aan de eisen van de code gaf alle indicaties, welke konden duiden op onvolledige doorlassing of bindingsfouten, gerepareerd zouden moeten worden.

Dit zou tot gevolg hebben dat aan de stompen N2, N3, N4, N5, N6, N19 en N25 reparaties zouden moeten plaatsvinden. Deskundigen van een neutrale keuringsinstantie waren echter van mening dat alleen N13 voor reparatie in aanmerking kwam. Deskundigen van G.E. overgekomen uit de U.S.A. meenden evenwel talrijke afwijkingen in alle stompen te constateren.

De specificatie werd veranderd als eerder omschreven en alle stompen werden gedeeltelijk gerepareerd. Hierna werden alle lassen nogmaals u.s. geïnspecteerd in tegenwoordigheid van alle betrokken instanties. De methode was gelijk aan de eerder beschreven inspectie. Het resultaat was dat in de gerepareerde gedeelten van de las weinig indicaties gevonden werden, de niet-gerepareerde gebieden daarentegen vertoonden vrij veel hoge reflecties vanuit de las. Het ernstige vermoeden rees dat tussen de gerepareerde gebieden scheuren waren ontstaan (fig. 6).

Reflecties hoger dan 15% en duidende op scheurtjes, onvoldoende doorlassing of bindingsfouten werden als ontoelaatbaar beschouwd. Hierna volgde reparatie van de stompen N2, N4, N5, N6, N19 en N25; alleen N3 behoefde niet te worden gerepareerd. Gedurende de reparatie werd getracht zo nauwkeurig mogelijk de afmeting en aard van de fouten vast te stellen. Hierbij bleek dat de plaats juist was maar de afmeting veel geringer dan verwacht. Van veel indicaties is de oorzaak niet achterhaald, ondanks het mm voor mm uitslijpen, etsen en vloeistofpenetratieonderzoek op het geëtste oppervlak. De meeste fouten waren bindingsfouten en onvolledige doorlassing, de afmetingen bedroegen lengte 1 tot 3 cm, hoogte 1 tot 3 mm.

Door de reparatie was de oorspronkelijke lasnaadvorm plaatselijk sterk gewijzigd, daarom werden gipsafdrukken van de lasnaadvorm vervaardigd om ter plaatse van de klokstand over een juiste lasnaaddoorsnede-tekening te beschikken (fig. 7).

Na deze reparatie werd de wijze van onderzoek gewijzigd in die zin, dat dit in den vervolge vanuit de binnenkant van het vat zou plaatsvinden en wel om de volgende redenen;

1. Wijziging van de lasnaadvorm.
2. Noodzaak om vanaf de buitenkant met hele sprongsafstand te werken, terwijl van de binnenkant met de halve sprong kan worden gewerkt.
3. Als gevolg van punt 1 kon met een rechte taster niet goed meer worden gemeten doordat de wanddikte bij verschillende stompen te gering was geworden.

Een direct gevolg van deze meetmethode was de noodzaak om de aanwezige opgelaste laag van roestvaststaal (cladding) glad te slijpen. Bovendien moest een dunner ijkblok gemaakt worden omdat het onderzoek in het bijzonder het dichtst bij de vatbinnenwand gelegen lasnaadgedeelte betrof, d.w.z. het gerepareerde gebied, zie figuur 7.

Deze methode bleek duidelijk de beste te zijn, het aantal geconstateerde indicaties was zo groot dat het onmogelijk was deze alle te noteren. Een uitzondering hierop maakte stomp N25, die weinig foutindicaties te zien gaf. De oorzaak van het grote aantal indicaties was waarschijnlijk dat door het inzenden van het geluid vanaf de buitenvatwand een dusdanig grote demping aan de cladlaag optrad, dat het gedeelte X-Y nooit was onderzocht, zie fig. 8. Dit betekende opnieuw reparatie van de stompen N2, N4, N5, N6 en N19, zowel vanaf de buiten- als binnenzijde, in sommige stukken zelfs over de gehele hoogte van de las.

Na uithakken van een gedeelte van de las werd magnetisch of met behulp van penetrerende vloeistof nauwkeurig nagegaan of zich in de groef geen fouten meer bevonden. Daarna werd een gipsafdruk gemaakt om deze later voor de doorsnedetekening te kunnen overnemen. De lasnaadvorm begon zo langzamerhand sterk van de oorspronkelijke af te wijken. zoals uit figuur 9 blijkt.

De reparatie die hierna volgde was de laatste. Er werden nog wel indicaties opgemerkt, maar omdat deze alle in het lasmetaal zelf voorkwamen, zijn ze als gas en/of slak gekwalificeerd. De ervaring had geleerd bij het repareren, dat deze foutjes in het lasmetaal bestonden uit meestal kleine slakjes, welke een hoge doch zeer kortstondige schermindicatie te zien gaven. Hierna waren de lassen aan het reaktorvat voor alle partijen inclusief het Stoomwezen acceptabel; bij elkaar had dit u.s.-onderzoek met de reparatie een jaar gevergd.

4.6.6. Onderzoek van de lassen van de stompen in het reaktor-deksel.

Het u.s.-onderzoek aan deze lassen is begonnen ongeveer vijf maanden nadat de inspectie van de lassen van de stompen aan het vat was gestart. Hierdoor kon gebruik worden gemaakt van de eerder opgedane ervaringen.

Ook de lasnaadvorm voor deze stompen is door de vorm en de ligging t.o.v. het vatdeksel geschikt voor u.s.-onderzoek.

In figuur 10 is de lasnaadvorm en tasterpositie aangegeven.

Betreffende het vervaardigen van de lasnaden kan opgemerkt worden, dat de nogal scherpe vooropeningshoek een goede doorlassing niet in de hand werkte. Bovendien waren de stompen reeds voorzien van aangelaste flenzen, waardoor het lassen vanaf de hoge dekselzijde in een moeilijke positie plaatsvond.

De u.s.-inspectie betrof de volgende stompen:
N7 - $1\frac{1}{2}$ ", N10 t/m 14 - 4", N18A, B en C - 6".

De genoemde moeilijkheden hadden de volgende inspectieresultaten:

- N 10 deel van de omtrek indicaties, welke duiden op bindingsfouten
- N 11 deel van de omtrek indicaties, welke duiden op een scheur
- N 12 idem, welke duiden op bindingsfouten en scheur
- N 13 idem, welke duiden op een bindingsfout
- N 18A idem, welke duiden op een bindingsfout
- N 18B idem. welke duiden op een bindingsfout
- N 18C idem, welke duiden op een bindingsfout en scheur.

Slechts de stompen N7 en N14 waren direct na de eerste inspectie acceptabel.

Het aangeven van de plaats van de vermoedelijke foutindicatie volgens de eerder gebruikte klokstand leverde bij deze dekselstompen grote moeilijkheden op, omdat de vorm van de lasnaad langs de omtrek steeds verschillend was. Dit werd opgelost door het construeren van doorsnedetekeningen per klokstand met behulp van een mal die dezelfde straal had als de straal van de dekselbol. Hiermede was de tasterpositie en plaats van de indicatie vrij nauwkeurig vast te leggen. Het is duidelijk dat het gehele u.s.-onderzoek op deze manier nogal tijdrovend werd, maar een goede plaatsbepaling was noodzakelijk om de indicaties te kwalificeren.

Bij de reparatie van deze stompen deed zich de moeilijkheid voor dat de binnenzijde van de stomp voorzien was van een opgelaste laag roestvaststaal, welke laag men niet verwijderen wilde, zie figuur 11 en 12.

Na het vervaardigen van gipsafdrukken en vollassen van de uitgeslepen fout bleek na het herhaalde u.s.-onderzoek de reparatie een succes. Afgezien van enkele gas- en/of slakinsluitels in het lasmateriaal werden geen afwijkingen meer geconstateerd.

5. ELEKTROTECHNISCH

In de loop van het verslagjaar is de 150 kV verbinding geheel gereed gekomen, terwijl de signaalkabels in de centrale zijn afgemonteerd.

De machinetransformator van 75 MVA is gereed voor bedrijf, de koelcircuits hiervan zijn getest.

De draaistroomgenerator is praktisch gereed, alleen de opwekkergroep dient nog geplaatst te worden.

De 10 kV verbinding en beveiliging van generator, machinetransformator en 150 kV verbinding zijn getest door de KEMA en in orde bevonden.

Beveiligingen en andere secondaire bedradingen zijn gemonteerd en worden getest.

De 3 kV installatie en de 380/220 V eigenbedrijf installatie zijn nagenoeg gereed en in bedrijf, voor zover dat nodig is.

De definitieve verlichting in het hele gebouw behalve het afvalgebouw is nagenoeg gereed.

De besturingskabels van en naar het koelwatergebouw en de schakelruimte zijn gelegd en de aansluiting is gereed gekomen, zodat met het proefbedrijf zeer binnenkort zal kunnen worden begonnen.

De hoofdaardingskabels zijn buiten in de grond gelegd en op de aardelectroden aangesloten.

Binnen zijn de hoofdaardingskabels op de aardrails aangesloten.

6. INSTRUMENTATIE EN TELECOMMUNICATIE.

6.1. Algemeen.

De montage van de meet- en regelapparatuur is in de afgelopen periode zover gevorderd, dat ongeveer 65 - 70% van het installatiewerk gereed is. Het afvalgebouw is hierbij buiten beschouwing gelaten. Met het afregelen van de geïnstalleerde instrumenten is een begin gemaakt. Eveneens is begonnen met de installatie van kabels en instrumenten in de drukvereffeningsruimte en in de reaktorkamer.

In de regelzaal is inmiddels de volgende apparatuur opgesteld:

1. de hoofdpanelen
2. lessenaar
3. datalogger tafel
4. generator beveiligingskasten
5. turbine beveiligingskast
6. kast t.b.v. turbine trillingsmeetapparatuur
7. reaktorbeveiligings- en besturingskast
8. analoge verdeelkast
9. digitale verdeelkast
10. hoofdaansluitkast voor datalogger
11. verwekkast t.b.v. de uitlezing van de regelstaafposities
12. datalogger.

6.2. Neutronenfluxmeetapparatuur.

Alhoewel er enige vertraging is opgetreden in de aflevering is inmiddels de apparatuur de fabriekstest gepasseerd.

Uit deze fabriekstest zijn nog enkele wijzigingen voortgekomen, welke aanleiding hebben gegeven tot een grotere vertraging.

De ionisatiekamer aandrijfmechanismen zijn evenwel reeds in Dodewaard aangekomen en deze kunnen begin januari 1968 gemonteerd worden. Eveneens is de voortgang van de "incore"-uitleesinstrumenten in het stadium gekomen, dat de eerste lade gereed is voor beproeving. De fabriekstest voor de processtralingsmeetapparatuur is met goed gevolg afgelegd en de panelen zijn in de regelzaal opgesteld.

De fabriekstest van de datalogger is eveneens met goed gevolg afgelegd en de apparatuur ook in Dodewaard opgesteld.

Besprekingen over de programmering en de afnametest van de regelstaafwaardebegrenzer zijn in deze periode verder geïntensiveerd.

6.3. Instrumentatie.

Verschillende panelen zijn reeds aangesloten en worden gereed gemaakt voor wat betreft de interne bedrading en de nog ontbrekende instrumenten.

De analoge en digitale verdeelkast benodigd voor het toevoeren van gegevens aan de datalogger zijn voor een belangrijk gedeelte aangesloten. De datalogger + de daarbij behorende computer heeft reeds enkele tientallen uren proefgedraaid. Voorts zijn de meeste aansluitkasten voor thermokoppels en weerstandthermometers gemonteerd.

In de waterbehandelingsruimte zijn vrijwel alle instrumenten geplaatst. Er is een begin gemaakt met het afregelen van de niveaumetingen t.b.v. de watertanks.

Aan het reaktorvat zijn de benodigde thermokoppels voor de latere temperatuurmetingen bevestigd.

De aan Electron opgedragen detaillering van de meet- en regelinstallatie heeft met name in het begin een zekere wisselwerking opgeleverd met het ontwerp van enkele der te onderscheiden procesgedeelten, die na de eerste opzet de nodige aanvullingen en wijzigingen hebben ondergaan, teneinde te kunnen evolueren tot het verwachte harmonieus werkend geheel.

Meer nog dan bij conventionele thermische centrales reeds het geval is, lag het accent vooral op waterreiniging en koeling.

De bij gebruikmaking van kernenergie in acht te nemen voorzorgen tegen corrosieprodukten hebben wat betreft de materiaalkeuze een duidelijk stempel gedrukt op het ontwerp van procesleidingen en -vaten en dus ook op de keuze van die delen van de instrumentatie, die met het medium in aanraking komen; het voorkomen van schadelijke afbraakprodukten is bijvoorbeeld tot uitdrukking gekomen in de keuze van de isolatiematerialen van een aantal signaalkabels.

Het feit dat bepaalde ruimten tijdens bedrijf niet of beperkt toegankelijk zijn, heeft eveneens doorgewerkt in de centralisatie van metingen en besturingen en dientengevolge op de keuze van meetmethoden.

De belangrijkste procesgegevens worden door middel van elektronische zenders aan de centrale bedieningsruimte toegevoerd en daar door regelaars verwerkt, die d.m.v. op afstand bestuurde regelorganen op de processen kunnen ingrijpen, terwijl deze gegevens en andere procesgrootheden door een datalogger periodiek geregistreerd en bewaakt worden.

Enkele karakteristieke eigenschappen van deze datalogger, zoals gevoeligheid en snelheid, hebben de eisen die gewoonlijk gesteld worden aan de afscherming van meetkabels en de aarding van meetcircuits nog verzwaaard en zijn tevens van invloed geweest op de reeds bestaande voorwaarden die gelden wanneer kabels met signalen van verschillende geaardheid (bijv. zwakstroom, sterkstroom, analoge en digitale signalen) over langere of kortere afstand parallel lopen of elkaar kruisen.

De in het voorgaande reeds aangetipte bekabelingsproblemen hebben zich toegespitst op die plaatsen, waar veelsoortige kabels op ventilatie-dichte wijze door betrekkelijk nauwe openingen in wanden moesten worden gevoerd.

De elders aangehouden afstanden tussen kabelbanen moesten hier noodgedwongen worden gereduceerd, terwijl de nog overblijvende ruimten tussen kabels en banen werden opgevuld met een speciale compound.

Een plaats waar aan de doorvoeringen de strengste eisen gesteld worden, was de doorgang van kabels vanuit de reaktorkamer naar buiten.

De combinatie van eisen betreffende drukdichtheid en stralingsbestendigheid is tenslotte uitgegroeid tot een oplossing, waarbij de kabels in kunsthars (araldit) liggen ingebed in stalen doorvoerpijpen.

Hierbij zijn die kabels welke op zichzelf in lengterichting reeds voldoende drukdicht waren, zonder meer ingegoten; van alle andere kabels zijn over een afstand van ca. een decimeter de mantels en isolatielagen tot op de blanke aders verwijderd, afschermingen overbrugd en het geheel plaatselijk volgegoten met transparante (ter visuele controle van de hechting) araldit, waarna verder weer dezelfde procedure als voor drukdichte kabels werd toegepast.

Om controle op de drukdichtheid mogelijk te maken, werd aan weerszijden in de doorvoerpijpen voorzien in een poreus compartiment (vilt) teneinde aan de ene zijde van de pijp de druk van een testgas te kunnen toelaten en aan de andere zijde aansluitmogelijkheid voor een gaslekdetector te scheppen. (fig. 13).

Een bijzonderheid die bij normale industriële installaties niet voorkomt was de plaatsing van lokale instrumenten en zenders bij hoog radioactieve systemen. Hier was steeds opstelling buiten afschermdende betonnen wanden gewenst, waardoor veel extra (ter voorkoming van lekkage hoofdzakelijk gelast) leidingwerk en ontluchtingsmogelijkheden noodzakelijk werden; ontluchtingsplaatsen welke evenals de aftappunten op instrumenten boven een centraal "drain" systeem moesten uitmonden teneinde mogelijk bij het ontluchten meekomend radioactief medium op veilige wijze af te kunnen voeren.

Het karakter van de nucleaire meetapparatuur tenslotte heeft extra zorg voor de bekabeling noodzakelijk gemaakt.

De meest gevoelige kabels van deze meetsystemen werden afzonderlijk verlegd in geïsoleerd opgestelde metalen pijpen, waarbij de pijpsecties onderling elektrisch met elkaar werden verbonden en de voor het kabeltrekken noodzakelijke openingen door een wijder en verschuifbaar stuk pijp afgeschermd.

De conclusie van Electron Breda N.V. was, dat hoewel er vooral in de ontwerpfase naast de technische problemen enkele malen gekampt is met problemen betreffende de coördinatie tussen de verschillende delen van de installatie, waarvoor de gegevens van derden ter beschikking gesteld moesten worden, zij er toch in geslaagd zijn een installatie te leveren welke aan het gestelde doel zal voldoen.

Problemen ten aanzien van de voortgangsplanning van de werkzaamheden zijn enkele malen opgetreden. Bij het oplossen van deze problemen bleek het van voordeel, dat voor dit deel van het project ontwerp en uitvoering voor een groot deel in één hand waren. Hierdoor was een grote mate van flexibiliteit mogelijk.

6.4. Reaktorregeling.

In het afgelopen jaar is de analogonstudie van dr. Jaschek aan de T.H. in München beëindigd. De heer Jaschek heeft als laatste een simulatie gemaakt van het regel- en storingsgedrag van de minimum drukregelklep op de PACE 8800 analogon rekenmachine van het Institut für Mess- und Regelungstechnik in München.

Hierbij werd gebruik gemaakt van het zgn. APACHE digitale rekenprogramma, waarmee de schaalfactoren werden uitgerekend en het bedradingsschema werd bepaald. De heer Jaschek heeft het gedrag van de minimum drukregeling onderzocht voor een aantal storingen, waarbij de hoofddrukregeling en de overlopdrukregeling geen van beide functioneren.

Eveneens werd het gedrag van deze regeling bestudeerd in geval van breuk in de hoofdstoomleiding na de klep.

Een regeltechnisch ingenieur van G.K.N. is enige tijd in München geweest en heeft de studie bijgewoond.

Ondertussen is bij G.K.N. een digitaal programma ontwikkeld, uitgaande van het bestaande, bekende reaktor-model van een kokend water reaktor met natuurlijke cirkulatie.

Dit model is te beschouwen als een puntmodel ("lumped parameter model"), in die zin dat de reaktorkern vervangen is door één splijfstofstaaf en één koelkanaal, en het model kent aan de reaktor slechts één drukzone toe.

Het model simuleert het dynamisch gedrag van reaktor en regeling voor normale bedrijfsstoringsen en is geschikt voor kleine variaties om de evenwichtsstand.

Een aantal grootheden van de stationaire toestand zijn ingangsgrootheden, bepaald met andere rekenmodellen, zoals bijvoorbeeld de totale recirkulatie en de drukval over het koelkanaal.

Het rekenprogramma, dat de naam REBOR draagt, is ontwikkeld in samenwerking met IBM in Rijswijk en is geschreven in de zgn. DSL 90 simulatietaal (digital simulation language) en draait op een IBM 7094 rekenmachine. Een aantal aanlopmoeilijkheden - DSL 90 was totaal onbekend - moest overwonnen worden. Het programmeren van de initiële kondities heeft o.a. enige zorgen gebaard.

Eind 1967 was het programma in de beginfase van het uittesten. Een aantal berekeningen zal nog worden uitgevoerd vóór de inbedrijfstelling van de centrale en toegespitst op de uit te voeren vermogenstesten in Dodewaard. Het programma zal verder worden gebruikt bij de opvoering van het reaktorvermogen. In het najaar van 1967 is een aanvang gemaakt met het uitwerken van het regel- en storingsmeetprogramma voor de vermogenstesten tijdens de inbedrijfstelling van de centrale. Uit deze vermogenstesten worden evaluaties gemaakt over de veiligheid van het regel- en storingsgedrag van reaktor en centrale.

Tijdens deze metingen zullen een groot aantal analoge en digitale signalen worden vastgelegd. Het betreft hier signalen van de normale instrumentatie van de reaktor en van de regelingen en beveiligingen, alsook een aantal signalen van de druk- en turbineregel-ling welke beschikbaar worden gesteld door de machinefabriek Stork te Hengelo, gedurende de inbedrijfstelling van de centrale.

Voorts zal tijdens de vermogenstesten eveneens gebruik worden gemaakt van de speciale reaktorinstrumentatie. Drukverschilmetingen over het valkanaal, metingen met behulp van de geïstrumenteerde splijtstofbundel. In het laatste geval betreft het: signalen van de dampbelfraktiemeter van de turbinestromingsmeter en van een aantal splijtingskamers.

In het testprogramma zijn de volgende testen opgenomen:

1. Afstelling van de drukregelaars en controle van de damping.
2. Storingsonderzoek van de reaktor voor drukstoringen, reaktiviteitsstoringen en voedingswaterstoringen, een en ander in het tijdsdomein; ook normale bedrijfsstoringen worden hierbij uitgevoerd.
3. Stabiliteitsonderzoek van de reaktor in het frequentiedomein voor druk- en reaktiviteitsstoringen, in het laatste geval ook bij vergrote onderkoeling (de voorwarmers worden afgezet). Alle storingen blijven ver onder de veiligheidsgrenzen.
4. Voorts worden in stationaire toestand neutronendichtheidsvariatië's geregistreerd ter vaststelling van de grenscyclus in de kinetisch hydrodynamische kringloop, en wel voor de twee voorgeschreven regelstaafpatronen. Deze variatië's, welke van lage frequentie zijn (0.1 à 1.0 Hz), mogen bepaalde grenzen niet te boven gaan. De begrenzing wordt bepaald door niet-lineariteiten in het twee-fasengebied, maar is afhankelijk van plaatselijke vermogensdichtheden, dus van het regelstaafpatroon.
5. Ook drukvariatië's - de grenscyclus in de drukregelkringen ten gevolge van niet-lineariteiten als speling en wrijving - mogen bepaalde grenzen niet te boven gaan.

In het laatste geval wordt daarom met de firma Stork een iets uitgebreider testprogramma voor de drukregelkringen opgezet, dat zal worden uitgevoerd vóór de inbedrijfstelling van de reaktor, waarbij het statisch en het dynamisch gedrag van de open regelkringen worden onderzocht. Hysteresis en dode band, evenals dempingen van de diverse componenten van de regelkringen, kunnen hierbij worden bepaald, zodat onvolkomenheden vroegtijdig kunnen worden gecorrigeerd.

De opzet van het meetprogramma zal in 1968 besproken worden met ervaren mensen van General Electric in San José. Aanvullende meetapparatuur voor de uitvoering van het programma is nodig gebleken.

7. AKTIVITEITEN OP HET GEBIED VAN FYSIKA, THERMOHYDRAULIKA ENZ.

7.1. Afscherming.

Biologisch schild: Alvorens tot het definitieve ~~storten van het~~ zware beton van het biologische schild over te gaan, werd een groot aantal beproevingskuben gemaakt enerzijds om een juist inzicht te verkrijgen in de verwerkingsmethodiek, anderzijds, om rekening houdende met de vochtigheidsgraad van de verschillende toeslagstoffen en de specificaties van de leverancier van deze toeslagstoffen, de toe te voegen hoeveelheid water te bepalen, waarbij het mengsel juist goed verwerkbaar was en zou resulteren in een optimale dichtheid van het uiteindelijke produkt. De totale hoeveelheid water werd tenslotte vastgelegd op 162,4 liter per m³ vers aangemaakt beton.

De samenstelling van het beton in de eindtoestand werd hiermede:

| <u>Component</u> | <u>Gewicht</u> | <u>Gew. %</u> | <u>Volume</u> | <u>Dichtheid</u> |
|--------------------|----------------|---------------|---------------|------------------------|
| Bariet (0- 3 mm) | 1100 kg | 32,0 | 259 l | 4250 kg/m ³ |
| Bariet (3-25 mm) | 1113 " | 32,4 | 253 " | 4400 " |
| Limoniet (3-15 mm) | 842 " | 24,4 | 229 " | 3670 " |
| Portl.Cement A | 296 " | 8,6 | 96 " | 3100 " |
| Water | 89 " | 2,6 | 162 " | 1000 " |
| Neutroplast | 0,75 " | - | 1 " | 750 " |
| | <u>3440 kg</u> | <u>100,0%</u> | <u>1000 l</u> | |

Betondichtheid in eindtoestand dus 3440 kg/m³.

Watergehalte:

| | | | | |
|--------------------------------------------------|---|---------|---|--------------------|
| Chemisch en fysisch door het cement gebonden | : | 88,8 kg | → | 2,58 gew. % |
| In kristallijne vorm in het limoniet aanwezig | : | 84,2 kg | → | 2,45 gew. % |
| | | Totaal | → | <u>5,03 gew. %</u> |

Chemische gewichtsanalyse:

| | H | O | Si | S | Ca | Fe | Ba | Rest |
|-------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| gew. % | 0,556 | 31,86 | 1,98 | 8,75 | 4,28 | 14,07 | 32,55 | 5,95 |
| g/cm ³ | 0,0191 | 1,0960 | 0,0680 | 0,3010 | 0,1473 | 0,4839 | 1,1198 | 0,2048 |

Van het bovenbeschreven beton werd een aantal proefkuben vervaardigd voor verdere metingen, te weten:

- a. Het soortelijk gewicht als functie van de tijd en de temperatuur:

| Ouderdom (dagen) | Temp. (°C) | Volume gewicht (kg/m ³) |
|---------------------|---------------|----------------------------------------|
| 30 | 20 | 3513 |
| 55 | 30 | 3494 |
| 121 | 40 | 3464 |
| 168 | 50 | 3444 |
| 218 | 60 | 3433 |
| 246 | 70 | 3426 |
| 274 | 80 | 3422 |

- b. De kubussterkte: deze bedroeg gemiddeld $4,4 \cdot 10^7$ N/m².

- c. De warmtegeleidingscoëfficiënt als functie van de temperatuur (na voorafgaande droging bij 60°C):

Bij 20°C was het resultaat 1,43 W/m°C
Bij 75°C was het resultaat 1,33 W/m°C

- d. De elasticiteitsmodules als functie van de temperatuur:

Bij 20°C was het resultaat $3,13 \cdot 10^{10}$ N/m²
Bij 80°C was het resultaat $2,90 \cdot 10^{10}$ N/m²

- e. De dwarscontractiecoëfficiënt bedroeg 0,24.

- f. De lineaire uitzettingscoëfficiënt was 17×10^{-6} .

- g. De γ -absorptiecoëfficiënt voor Co-60 straling werd gemeten en was in overeenstemming met de berekende waarde. De totale hoeveelheid zware beton, die in het biologisch schild verwerkt werd, bedroeg ca. 240 m³, overeenkomend met een totaalgewicht van ca. 840 ton.

De resterende delen van het biologisch schild werden vervaardigd van normaal beton met een soortelijk gewicht van 2300 kg/m³.

De overige afschermingsconstructies in de centrale, waaronder de staalplaatafscherming van de turbineinstallatie, werden voltooid. Ook de vele kabel- en pijpdoorvoeringen in deze constructie werden reeds voor het overgrote deel opgevuld met afschermingsmateriaal.

7.2. Vorbereiding van experimenten in de reaktor. Watersnelheidsmetingen binnen het reaktorvat.

Inleiding:

Het meten van watersnelheden in het vat van een kern-reaktor is met gebruikelijke meetapparatuur praktisch niet uitvoerbaar, enerzijds door de extreme condities ten aanzien van temperatuur, druk en stralingsniveau, anderzijds door het feit dat in de waterstroom geplaatste obstructies van enige omvang nauwelijks toelaatbaar zijn, daar verstoring van het stromingsbeeld en introductie van stromingsweerstand zal optreden.

In een turbulente vloeistofstroming zijn altijd gebiedjes van willekeurige grootte met een willekeurige afwijking ΔT van de gemiddelde temperatuur aanwezig. Deze gebiedjes kunnen met snelle thermokoppels in de vorm van temperatuurruis worden waargenomen. Door kruiscorrelatie, d.w.z. bepaling van de functie

$$C(\tau) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \int_0^T f_1(t) f_2(t + \tau) dt$$

van de signalen $f_1(t)$ en $f_2(t)$ verkregen via twee thermokoppels (zie fig. 14) die op een nauwkeurig bekende afstand l in de richting van de stroming van elkaar geplaatst zijn, kan de gemiddelde looptijd τ over deze afstand bepaald worden, waaruit via de relatie $v = \frac{l}{\tau}$ de gemiddelde watersnelheid volgt (en bij bekend doorsnede oppervlak ter plaatse van de thermokoppels eveneens de volumestroom).

De toepassing van moderne thermokoppels onder nucleaire omstandigheden ondervindt geen essentiële bezwaren.

Experiment:

Om enerzijds een juist inzicht te verkrijgen in de principiële werking van deze meetmethode en anderzijds tot een optimale conclusie ten aanzien van voor deze metingen meest geschikte apparatuur te geraken, werd gebruik makende van een bestaande cyclonen testloop een aantal experimenten uitgevoerd (zie foto nr. 15). Een principe-schets van de thermokoppelopstelling in deze testloop is gegeven in fig. 16, een schema van de gehele meetopstelling in de figuren 17 + 18. De watersnelheid in deze testloop was regelbaar tussen 0 en 2,50 m/s, terwijl de temperatuur variabel was tussen 20°C en 130°C.

Omdat de grootte van de temperatuurruis van het water $\leq 0,1^\circ\text{C}$ bleek te zijn, resulterend in een thermokoppelsignaal in de orde van grootte van 1 μV , waren ongewenste bijverschijnselen zoals 50 Hz bron, versterker-ruis, stoorspanningen veroorzaakt door mechanische trillingen, fluctuaties in de koude lastemperatuur, temperatuurfluctuaties bij pluggen, versterkerdrift, kringstroomverschijnselen, etc. slechts moeizaam te elimineren.

Gearde thermokoppels bleken niet toepasbaar te zijn, terwijl toch een kleine responsietijd gewenst was. De resultaten, verkregen met behulp van geïsoleerde 1 mm diam. koppels, waren bepaald pover te noemen, hoewel duidelijk bleek dat het meetsysteem in principe werkte. Daarom werden deze koppels vervangen door thermokoppels met een uitwendige diameter van 0,5 mm met een responsietijd (in stromend water) van ± 12 m s, terwijl het compensatiekoppel vervangen werd door een RC circuit aan de ingang van de eerste versterker. Door toepassing van gelijkspanningsvoeding met behulp van accu's, hoog en laag doorlaat en sperfilters, elektrische en magnetische afscherming, demping van mechanische trillingen en elektrische zwevende meetapparatuur werden bovengenoemde bijverschijnselen onderdrukt. Het oorspronkelijk toegepaste meetschema (fig. 17) ging mede hierdoor tenslotte over in het schema, gegeven in fig. 18.

Goede resultaten werden nu verkregen tot een watersnelheid in de orde grootte van 1,5 m/s.

De via een U.V. recorder verkregen thermokoppelruisignalen zijn weergegeven in fig. 14, terwijl de hieruit bepaalde kruiscorrelatiefunctie gebruik makende van een 50 punts polariteitscorrelator weergegeven is in fig. 19.

Toepassing van deze meetmethode binnen het reaktorvat in het gebied van het valkanaal, waar de watersnelheden in het bereik rond de 0,5 m/s, kan dan ook alleszins verantwoord genoemd worden.

De voorbereidingen voor de in het reaktorvat in te bouwen thermokoppelinstallatie zijn dan ook inmiddels in een vergevorderd stadium. Het ligt in de bedoeling om op 30 plaatsen, verdeeld over de omtrek en de hoogte van het valkanaal, de watersnelheid met behulp van deze kruiscorrelatiemethode te bepalen. Mogelijk kan deze methode ook worden toegepast om de watersnelheid in de reaktorkern zelf te bepalen met behulp van de in de geïnstrumenteerde splijtstofbundel reeds aanwezige thermokoppels, ter bepaling van de watertemperatuur.

7.3. Berekening optimale cyclusduur.

Bij deze berekening is uitgegaan van 2 parameters. De eerste parameter is de netto gebruiksfactor van de centrale. Deze gebruiksfactor is gekoppeld aan de cyclusduur en de tijd nodig voor het splijtstofwisselen. De tweede parameter is de verkoopprijs van het kWh.

De splijtstofkosten worden bepaald door het aantal splijtstofelementen dat per jaar nodig is.

Dit is afhankelijk van de cyclusduur, omdat bij een kortere cyclusduur de versplijtingsgraad van de te vervangen elementen hoger is. Een nadeel is echter dat het aantal splijfstofverwisselingen per jaar groter is, zodat het aantal kWh dat per jaar geproduceerd kan worden kleiner wordt. De optimale cyclusduur wordt nu gevonden door het maximaliseren van het verschil tussen kWh opbrengst en splijfstofkosten.

Gevonden werd dat bij een constante netto belastingsfactor van 76,4% de 9 mnd. cyclus een voordeel opleverde t.o.v. de 12 mnd. cyclus. Bij 79,6% is het verschil ten gunste van 9 mnd. cyclus groter.

Indien een constante tijd genomen wordt voor het splijfstofverwisselen per cyclus en een constante belastingsfactor voor de rest van de tijd, dan heeft de langste cyclus een hogere netto belastingsfactor.

7.4. Berekeningen voor het kritische experiment te Petten.

Berekend is met een XY-diffusie code en de 3-groeps werkzame doorsneden van General Electric voor gehomogeniseerde bundels + waterspleten de kleinste kritische massa. Bovendien is het effect van substitutie van een centrale bundel in een 3 x 3 kern nagegaan op k_{eff} , indien deze bundel een 1% kleinere absorptie in de thermische groep heeft. Verder is een 4 x 4 kern met absorptieplaten berekend.

Met behulp van computer output van General Electric is de invloed nagegaan van verontreinigingen in zircaloy en UO₂ en veranderingen in de verrijkingsgraad van UO₂ op k_{∞} van een bundel + waterspleten.

7.5. Berekeningen voor de startup van de G.K.N. kern.

Weer is de kleinste kritische kern berekend maar nu met regelstaafvolgers, die niet aanwezig waren in de berekeningen voor het kritische experiment.

Bovendien is een kleinste kern berekend met een schaakbord patroon wat de regelstaven betreft. De kern bestond uit 6 x 8 elementen met absorptieplaten.

Tevens is berekend de temperatuur correctie factor voor de nukleaire instrumenten buiten de reflector als functie van de reflector temperatuur.

Verder is uitgaande van de gehele kern de relatieve telsnelheid uitgezet als functie van het aantal uitgetrokken regelstaven.

Om gedane XY-diffusie berekeningen te checken zijn twee extreme gevallen berekend bij 286°C. Eén met hoge flux in het centrum en één met hoge flux aan de rand van de kern.

De meeste aandacht is echter geschonken aan de ontwikkeling van twee regelstaafpatronen bij een vermogen van 25, 50 en 100%. Deze berekeningen zijn uitgevoerd met de 3-dimensionale reaktorcode FLARE.

De code berekent aan de hand van opgegeven vermogen, regelstaafposities, flow en subcooling en de materiaal-eigenschappen K_{∞} en M^2 de vermogensverdeling in 3 dimensies.

Getracht is een vermogensverdeling te vinden, die overeenkomt met de vermogensverdeling, die constant blijft als functie van de tijd gedurende het reaktorbedrijf tussen twee splijtstofverwisselingen.

Een vooropgestelde eis was dat de patronen zo symmetrisch mogelijk zijn en logisch volgen uit de reeds eerder berekende regelstaafpatronen voor het op vermogen brengen van de kern. De ervaring heeft geleerd dat twee regelstaafpatronen in aanmerking komen, namelijk die, die afgeleid zijn uit de twee schaakbordpatronen. Op deze manier worden de patronen in tweeën verdeeld, waarbij de staven die in patroon A in zijn bij patroon B uit zijn en omgekeerd. Een uitzondering vormen de staven aan de rand van de kern, die vaak geheel uit zijn om radieel gezien een wat vlakkere verdeling te krijgen. Wat de axiale posities betreft, deze kan men verdelen in regelstaven, die diep in de kern steken en regelstaven, die slechts over kleine afstand in de kern steken. Op deze manier heeft men de ligging van de axiale piek, die beneden het kernmiddenvlak behoort te liggen, om te voldoen aan het principe van een constante vermogensverdeling.

De patronen, die ontwikkeld zijn voldoen redelijk aan bovengenoemde eisen, maar zullen in de praktijk aangepast moeten worden aan de meetresultaten.

Met FLARE is bovendien de invloed van Xe, flowverdeling en vermogen voor een enkel geval berekend. De invloed bleek gering te zijn.

Om op vermogen van patroon A naar patroon B te gaan en omgekeerd zijn 4 patronen berekend bij 50% vermogen, als tussenliggende stappen. De piekfactoren hiervan waren laag.

1) D.L. Delp et al, FLARE, "A three-dimensional boiling water reactor simulator", GEAP-4598 (1964).

7.6. Berekening drie groeps werkzame doorsneden en k_{∞} van een gehomogeniseerde bundel + waterspleten.

Voor het snelle en epithermische gebied werd de code GAM-1¹⁾ gebruikt in de B_1 -approximatie. Als lekfactor werd de geometrische berekening van de complete kern gegeven. Een uit de hand berekende Dancoff correctie werd als invoer gebruikt.

Voor het thermische gebied werd de "Microflux" code³⁾ gebruikt voor de gebieden binnen de splijtstofbus. Dit is een integrale transport code ontwikkeld uit Thermos²⁾. Voor de waterspleten werd een eenvoudiger uitvoering gebruikt. Voor het water werd steeds de Koppel-Young kern genomen.

Met behulp van de gevonden X-sections in 3 groepen werd een Teddi⁴⁾ berekening (2 dim. diffusie code) in XY-geometrie uitgevoerd voor de bundel + waterspleten met als randvoorwaarden de stroom = 0.

Uit deze berekening kunnen op eenvoudige wijze gehomogeniseerde werkzame doorsneden gevonden worden, die later weer in andere berekeningen gebruikt kunnen worden.

Tevens is met "Microflux" het spectrum berekend met vlakke geometrie in de waterspleet naast een regelstaaf. De gevonden werkzame doorsneden kunnen in combinatie met een logaritmische randvoorwaarde in 2 dimensionale XY-diffusie berekeningen gebruikt worden.

- 1) G.D. Joanou, GAM-1, "A consistent P_1 multigroup code for the calculation of fast neutron spectra and multigroup constants", GA-1850 (1961).
- 2) H. Honeck, "THERMOS, A Thermalization Transport Theory Code for Reactor Lattice Calculations", BNL-5826 (1961).
- 3) A. Tas et al, "MICRO-FLUX, A program for the solution of the multigroup neutron transport equation in square and hexagonal lattices", RCN-Int-65-032 (1965).
- 4) H.P. Struch et al, "TEDDI-1, Een programma voor de oplossing van de twee-dimensionale neutroondiffusie vergelijking voor maximaal 4 groepen in X-Y en r-z geometrie, RCN-TWG-2 (1966).

7.7. Ontwikkeling rekenprogramma's.

De volgende rekenprogramma's werden in de verslagperiode ontwikkeld:

7.7.1. EXA I: Excursion Analysis.

EXA is een één-groeps puntmodel om het kinetisch gedrag van een reaktorkern tijdens nucleaire excursies te berekenen.

Voor elke tijdstap Δt worden onder meer de volgende vergelijkingen opgelost:

kinetische vergelijkingen met 6 vertraagde neutronengroepen:

$$\Delta P = \left[\frac{(\Delta k - \beta) P}{\lambda} + \sum_{i=1}^6 \lambda_i C_i \right] \Delta t$$

$$\Delta C_i = \left[\beta_i P / \lambda - \lambda_i C_i \right] \Delta t$$

verhoging van de gemiddelde reaktortemperatuur:

$$\Delta T = P \Delta t / C_p$$

Afname van de reaktiviteit t.g.v. het Doppler effect:

$$\Delta k_D = (DWF) \times C \times (\sqrt{T} - \sqrt{T_{\text{start}}})$$

In bovenstaande formules hebben de symbolen de gebruikelijke betekenis; ze zijn gemiddeld over de reaktorkern.

T_{start} is de temperatuur bij het begin van de excursie.

De overreactiviteit Δk is de sommatie van de reeds aanwezige overreactiviteit, de toegevoegde reactiviteit en de afname van de reactiviteit t.g.v. het Doppler effect.

De toegevoegde reactiviteit, als functie van de tijd, wordt in de vorm van een tijdtabel ingegeven.

De "Doppler weighing factor" (DWF) is een gewichtsfactor, die corrigeert voor het feit, dat de neutronendichtheid en de temperatuur ruimtelijk verdeeld zijn. In een grote reaktorkern kan een excursie "plaatselijk" verlopen, waardoor hoge piekfactoren en grote DWF's optreden.

De DWF is een functie van de tijd en wordt tijdens de excursie voor iedere tijdstap opnieuw berekend. Ter verkorting van de rekentijd is in EXA I gebruik gemaakt van een empirisch verband tussen de DWF en de toegevoegde reactiviteit Δk .

Het ligt in de bedoeling in de toekomst voor de berekening van de DWF een 3-groeps diffusie berekening met r-z geometrie te gebruiken.

EXA I werd ontwikkeld om de invloed van allerlei parameters op het verloop van een nukleaire excursie te kunnen bestuderen.

De studie bepaalde zich tot excursies, die geïnitieerd worden door een regelstaaf, die plotseling uit een kritische kern valt.

O.a. werden de volgende parameters bekeken:

- moderator temperatuur;
- reaktorvermogen voor de excursie;
- reaktiviteitswaarde van de vallende regelstaaf;
- snelheid van de vallende regelstaaf;
- startpositie;
- fraktie vertraagde neutronen;
- neutronen leeftijd;
- Doppler koëfficiënt.

7.7.2. PROF: A program for the calculation of the Production and Release of Fission products.

Het programma PROF werd om economische en rekentechnische redenen gesplitst in twee programma's. PROF I betekent de produktie van splijtstofprodukten in een thermische reaktor met U-235, Pu-239 en Pu-241 als splijtstof voor verschillende aktiveringstijden. Met conversie van U-238 naar transuraniden wordt rekening gehouden. De reaktor wordt beschouwd als een punt; geometrische effecten worden dus niet bekeken. De uitvoer van PROF I bestaat uit de concentraties en aktiviteiten van alle aktiverings- en splijtprodukten voor de vijf volgende mengsels:

- een evenwichtsmengsel; d.i. een mengsel, dat ontstaat in de splijtstof bij een constant reaktorvermogen;
- een excursiemengsel; d.i. een mengsel, dat ontstaat na een vermogensexcursie;
- een "recoil" mengsel;
- een diffusiemengsel;
- een recirculatiemengsel; d.i. een mengsel, dat zich vormt in het reaktorwater, dat door de kern recirculeert.

De uitvoer van PROF I is invoer voor PROF II.

PROF II berekent de concentraties α - en β -activiteiten van isotopen van de genoemde mengsels voor verschillende vervaltijden. Het verdeelt de splijtprodukten in de volgende vier groepen:

Edelgassen

Halogenen

Vluchtige stoffen (As, Se, Rb, Mo, Sb, Te en Cs)

Vaste stoffen.

Het mengsel splijtprodukten wordt veranderd door deze vier groepen op bepaalde tijden met verschillende factoren te vermenigvuldigen.

Oorspronkelijk was het programma bedoeld voor ongevalsanalyse aan de kernenergiecentrale te Dodewaard. Door verschillende verbeteringen kan het nu voor een willekeurige thermische reaktor gebruikt worden, ter berekening van:

- Verspreiding van splijtprodukten tijdens ongevalssituaties;
- De hoeveelheid, naar de omgeving geloosde, splijtprodukten tijdens normaal bedrijf;
- Afscherming van de kern en van diverse systemen;
- Gamma- en β -activiteiten in filters en op gecontamineerde oppervlakken;
- Vergiftiging door Xe, Sm en andere splijtprodukten.

PROF II bevindt zich op dit ogenblik in de testfase.

7.7.3. BORREL: A fortran code for the steady-state thermo hydraulic behaviour of a Boiling water Reactor Recirculation Loop.

Samen met de thermo-hydraulische rekengroep werd een rekenprogramma voor de berekening van het thermo-hydraulisch gedrag van de reaktor afgerond en uitgetest. BORREL betekent de recirkulatiesnelheid, de bellenverdeling, splijstoftemperaturen en het drukverloop in een kringloop, bestaande uit meerdere evenwijdige kanalen met schoorsteen en één valkanaal.

Voor de warmtetoevoer in de kanalen kan een axiale en radiale verdeling gegeven worden.

Het meesleuren van dampbellen, het mengen met voedingswater en het condenseren van bellen in het valkanaal wordt meegerekend.

Het programma zal gebruikt worden bij de beproeving van de centrale in Dodewaard en als theoretische begeleiding van het onderzoek het thermo-hydraulische gedrag van de koeler.

7.8. Veiligheidsanalyse.

Enerzijds i.v.m. het gereedkomen van het definitieve veiligheidsrapport en n.a.v. discussies met de Arbeidsinspectie en Euratom, anderzijds op eigen initiatief werden velerlei onderzoekingen verricht op het gebied van de veiligheid van de kernenergiecentrale in Dodewaard, zoals o.a.:

- Berekening van het vrijkomen van radioactieve stoffen in ongevalssituaties;
Enkele hiervan zijn omschreven in hoofdstuk V van het "Final Safeguards Summary Report on the Dodewaard Nuclear Power Plant".
- Excursie-analyse m.b.v. EXA I;
- Onderzoek naar de samenstelling van mengsels van splijtprodukten m.b.v. PROF I;
- Onderzoek naar de verspreiding van radioactieve gassen tijdens normaal bedrijf in samenwerking met de Heide Mij.;
- Evaluatie van de te bereiken nauwkeurigheid in de routinebepaling van de "Minimum Critical Heat Flux Ratio" tijdens normaal bedrijf.

7.9. Thermo-hydraulika.

Als voorbereiding op de berekeningen, die tijdens de beproevingsfase zullen worden gedaan, werd met het rekenprogramma BORREL de invloed van het totale vermogen en van de vermogensverdeling op diverse thermo-hydraulische- en fysische grootheden bepaald. Bovendien worden berekeningen gedaan aan de geïnstrumenteerde splijtstofbundel.

7.10. Reaktorfysische procedures.

Voor gebruik tijdens de beproevingsfase werden een aantal procedures geschreven, welke in bijlage V zijn opgenomen.

7.11. Opleidingscursussen.

In het begin van dit jaar is door General Electric in Arnhem een cursus BWR Technology gegeven.

Deze cursus was speciaal gewijd aan de problemen, verband houdend met het starten en bedrijven van een kernenergiecentrale met een GE-BWR als energiebron.

De behandelde onderwerpen zijn in bijlage VI opgegeven.

Reactorfysici hebben gedurende de zomermaanden de "Station Fuel Management Course" van General Electric gevolgd. Deze opleiding is bedoeld om de "nuclear engineer" inzicht te geven in de manier waarop hij, vanuit reactorfysisch oogpunt gezien, veilig en efficiënt met de splijtstof dient om te gaan.

Tot de onderwerpen die uitgebreid ter sprake zijn gekomen behoren o.a.:

- bepaling van de regelstaafpatronen;
- bepaling van de vermogensverdeling;
- regeling en optimalisering van de vermogensverdeling;
- ijking van de in-core neutronendetectors (LPRM);
- vermogensresponsie op veranderingen in regelstaafpatroon en flow;
- analyse van het thermo-hydraulische gedrag van de reaktor;
- regelstaafwaardebegrenzer;
- lengte van de splijtstofcyclus;
- opbrand en isotopen samenstelling van de splijtstof;
- opbrand van regelstaven en neutronendetectors;
- excursie analyse;
- detectie en lokalisatie van lekkende splijtstofelementen m.b.v. water analyse, "off-gas" analyse en "sopping"-methodes;
- off-standard operations;
- splijtstofverwisselen;
- "spent fuel handling".

Naast deze onderwerpen, die rechtstreeks verband houden met het bedrijven van de reaktor en waaraan dus het grootste deel van de tijd is besteed, zijn ook de testen en metingen ter sprake gekomen, die dienen te gebeuren tijdens de eerste start van de reaktor.

Veel en uitstekende documentatie werd door G.E. ter beschikking gesteld.

Van de gelegenheid is ook gebruik gemaakt om een bezoek te brengen aan Humboldt Bay Nuclear Power Station, dat ook is uitgerust met een BWR met natuurlijke recirkulatie.

8. TIJDSHEMA'S.

Na de vertragingen, die in de loop van 1966 waren opgetreden, is een nieuw, zeer gecomprimeerd tijdschema opgesteld. Door de zeer intensieve controle op de naleving hiervan is het mogelijk gebleken verdere vertraging tot het uiterst minimum te beperken, zodat aan het einde van 1967 het civiele werk aan de hoofdgebouwen kon worden afgesloten met de laatste stort van het biologisch schild.

Eveneens kon aan het einde van het jaar het reaktorvat worden afgeleverd, zodat dit begin 1968 gemonteerd kon worden. Een tijdschema waarop de verdere data voor afbouwen en testperiode en inbedrijfstelling zijn aangegeven, is in bijlage VII bijgevoegd.

9. KORT FINANCIËEL OVERZICHT.

9.1. Geplaatste opdrachten.

Door het bouwbureau werden gedurende het verslagjaar de laatste belangrijke opdrachten geplaatst. De waarde van de geplaatste opdrachten uitgedrukt in procenten van de begroting bedroeg per ultimo

| | |
|------|--------|
| 1965 | 44%, |
| 1966 | 90% en |
| 1967 | 100%. |

In dit rapport is als bijlage VIII opgenomen een lijst van de voornaamste leveranciers en dergelijke, die bij het projekt zijn betrokken.

9.2. Subsidie Euratom.

Voor zover betrekking hebbende op de bouw van de centrale zijn door Euratom de volgende bijdragen toegezegd:

| | |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| In de fabrikagekosten van splijtstofelementen | f. 4.700.000,- |
| In de fabrikagekosten van met name omschreven onderdelen van de reaktor | " 12.000.000,- |
| | <hr/> |
| | f. 16.700.000,- |

| | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| Per ultimo 1967 waren bij Euratom door ons op grond van door leveranciers gekwiteerde facturen, declaraties ingediend voor | f. 8.862.667,08 |
| Van dit bedrag werd ontvangen per ultimo 1967 | " 6.789.397,50 |
| | <hr/> |

| | |
|------------------------------------------------|-----------------|
| Zodat nog voor deze declaraties te vorderen is | f. 2.073.269,58 |
|------------------------------------------------|-----------------|

Naar verwachting zullen voor het resterende bedrag ad f. 7.837.332,92 in 1968 alle declaraties kunnen worden ingediend.

De in oktober 1964 opgemaakte begroting gaf voor de onderdelen van de reaktor, voor zover deze in aanmerking komen voor subsidie, een totaalbedrag van f. 13.568.000,-.

Het hiermede corresponderende bedrag van de per ultimo 1967 geplaatste opdrachten bedroeg f. 13.600.365,-. Hierbij zij opgemerkt, dat in de administratie werden opgenomen de nominale bedragen van deze opdrachten, zonder extrapolatie van loon- en prijsclausules.

Voor de fabrikage van splijtstofelementen is in de administratie een bedrag van f. 7.557.000,- opgenomen; hierin is begrepen een geschat percentage voor loon- en prijsverhogingen.

10. LIJST VAN BIJLAGEN, TEKENINGEN EN FIGUREN.

- | | |
|--------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| BIJLAGE I | Excursies en bezoeken. |
| BIJLAGE II | Lijst van publikaties over Dodewaard kernenergiecentrale tot en met december 1967. |
| BIJLAGE III | Beschrijving van uitvoering en beproeving van de luchtdichte constructie op de 36.00+ vloer van het reaktorgebouw van de kern-energiecentrale te Dodewaard (+ 4 figuren). |
| BIJLAGE IV | The control rod drive hydraulic system (+ 3 figuren). |
| BIJLAGE V | Procedures. |
| BIJLAGE VI | Behandelde onderwerpen bij G.E. cursus. |
| BIJLAGE VII | Tijdschema. |
| BIJLAGE VIII | Lijst van adviesbureaus, leveranciers etc. |
| BIJLAGE IX | Medewerkende firma's bij het tot stand komen van het jaarverslag. |
| | |
| Figuur 1 | Ten einde een horizontale beweging in het biologisch schild mogelijk te maken zijn op niveau + 19.04 m opleggingen van grafiet-blokken gemaakt. |
| Figuur 2 | Bovenzijde biologisch schild met uitmonding voorspankabels. |
| Figuur 3 | R.A. afval-behandelingsinstallatie. |
| Figuur 4 | Gevoeligheidsijking u.s.-apparatuur op een stuk vatmateriaal voorzien van ingebouwde gaatjes met vlakke bodem. |
| Figuur 5 | Schets van een aangelaste stomp met de las-naadvorm. |
| Figuur 6 | Schets van de gerepareerde zones en de gebieden welke na reparatie indicaties vertonen. |
| Figuur 7 | Lasnaaddoorsnede na reparatie. |
| Figuur 8 | U.S.-inspectiemethode en taster-opstelling na reparatie. |

- Figuur 9 Lasnaadvorm na drie reparaties.
- Figuur 10 Lasnaadvorm t.b.v. de stomp in de reaktor-deksel en de tasterpositie tijdens het u.s.-onderzoek.
- Figuur 11 Schets van de reparatielas in de dekselstomp.
- Figuur 12 Overzichtsfoto van de reparatielassen aan de dekselstomp.
- Figuur 13 Kabeldoorvoering.
- Figuur 14 Noise registrated by U.V. recorder.
- Figuur 15 Experimentele thermokoppel meetopstelling.
- Figuur 16 Thermocouple measuring arrangement.
- Figuur 17 Electronic Diagram.
- Figuur 18 Electronic Diagram.
- Figuur 19 Polarity Cross-correlation Function.
- Figuur 20 Het hijsen van het eerste spant.
- Figuur 21 Montage in de schakelruimte.
- Figuur 22 Montage van de stator van de generator op het stalen fundament.
- Figuur 23 Het lossen van de reaktorkamer te Dodewaard.
- Figuur 24 Het inbrengen van de splijtstofwisselwater opslagtanks.
- Figuur 25 Panelen in de regelzaal in aanbouw.
- Figuur 26 Montage van de turbine-installatie.
- Figuur 27 Opmaak water demininstallatie gereed.

B I J L A G E N



BIJLAGE I

1.

EXCURSIES EN BEZOEKEN.

Gedurende dit jaar werd de in aanbouw zijnde kernenergie-centrale te Dodewaard bezocht door:

- KEMA, SEP, VDEN en GKN directieleden en andere
25 bezoekers;
- Raad van Toezicht GKN
12 bezoekers;
- K.I.V.I.
160 bezoekers;
- Euratom, Stoomwezen en Arbeidsinspectie
10 bezoekers;
- B.B., EHBO en Brandweer van Dodewaard
35 bezoekers;
- LTS/HTS-leraren
50 bezoekers;
- N.I.R.I.A., Hengelo (O)
35 personen;
- "Open dag" voor de bevolking van Dodewaard
550 personen;
- Technische Hogeschool Delft
10 personen;
- Polytechnische Studieclub B.I.P.M., Den Haag
12 personen;
- Rijksuniversiteit Utrecht
15 personen;
- Electriciteits-Maatschappij Zuid-Holland
80 personen;
- Raad van Commissarissen P.E.G.U.S.
20 personen;
- Gedeputeerde Staten van Friesland
18 personen;
- K.I.V.I. afdeling Werktuigbouw
70 personen;
- V.E.E.N. (Kleine en Middelgrote bedrijven)
60 personen;
- Elektrotechnische Kring Haarlem
18 personen;
- Natuurkundig Laboratorium Philips
12 personen;
- Burgemeesterskring "Over Betuwe"
15 personen;

BIJLAGE I

2.

- Medewerkers firma Philips Eindhoven
45 personen;
- Atoompool
8 personen;
- Elektrohuishoudkundigen
75 personen;
- Ned. Natuurkundige Ver. Afd. Gelderland
35 personen;
- Direkteuren Provinciale Waterstaten
17 personen;
- Commissie van bijstand Energie Bedrijven Leeuwarden
10 personen;
- Commissie G.E.B.-Voorburg
12 personen;
- H.T.S.-Utrecht (afd. Bouwkunde)
60 personen;
- T.H.-Delft (afd. Energievoorz., Kernreaktor en
Turbine)
50 personen;
- Commissarissen P.G.E.M.
12 personen;
- General Electric
15 personen;
- R.C.N. Petten
5 personen;
- Raad van Toezicht
8 personen;
- Werktuigbouwkundigen K.R.L.
36 personen;
- Stafleden K.R.L.
26 personen;
- Personeelsvereniging Arnhemse Instellingen
550 personen;
- Bevolking Dodewaard en omgeving
1500 personen.

BIJLAGE II

1.

LIJST VAN PUBLIKATIES OVER DODEWAARD KERNENERGIECENTRALE
TOT EN MET DECEMBER 1967.

1957

Staveren, J.C. van
Kernreactoren voor energieproductie.
Elektrotechniek 335 (1957) Nr. 18, 417 - 421.
Oze 14 (1961) Nr. 5, 167 - 181.

1963

Bakker, J.H.
De plannen voor de bouw en exploitatie van de
eerste Nederlandse Kernenergiecentrale.
De Ingenieur 75 (1963) Nr. 40, E 109 - E 115.

Latzko, D.G.H.
Warmtetechnische aspecten bij kernenergiecentrales.
De Ingenieur 75 (1963) Nr. 35, W 126 - W 136.

Staveren, J.C. van
Hoe staat het in ons land met het toepassen van
kernenergie voor de productie van electriciteit.
Elektrotechniek 41 (1963) Nr. 17, 381 - 386.

Went, J.J.
De 50 MW(e) kokend-waterreactor van de Gemeenschappe-
lijke Nederlandse Electriciteitsbedrijven.
De Ingenieur 75 (1963) Nr. 40, E 115 - E 121.

Went, J.J.
Der holländische 50 e MW-Siedewasserreaktor.
Die Atomwirtschaft 8 (1963) Nr. 11, 571 - 576.

1964

Elst, H.C. van and C.A. Verbraak
Development of a new determination of the ductile-
brittle transition temperature.
EUR/C/2558/64 n.

Rietveld, G.H.
Exposé de Dodewaard.
EUR/C/2539/64 n.

Royaards, R. van Erpers
De Kerncentrale te Dodewaard en het systeem, dat de
beheersing van het ergste koelmiddelongeluk verzekert.
EUR/C/2541/64. (Euratom-Mededeling).

Staveren, J.C. van and J.J. Went.
The development of nuclear energy in relation to the
resources of nuclear materials.
Elektrotechniek 42 (1964) Nr. 24, 259 - 270.

BIJLAGE II

2.

Went, J.J.

Voordracht tijdens vergadering te Brussel over vermogensreactoren, 13-14 mei 1964.

EUR/C/2540/64 n.

1965

Fraude, A.

Übersicht über die Abschirmungsberechnungen für die Kernzentrale Dodewaard.

EUR/C/2274/1/65 d.

Kuyk, R.M. van

Drukvereffeningssysteem voor de Kernenergiecentrale te Dodewaard.

EUR/C/2523/65 n.

Mostert, P.

Physikalische Aspekte des Reaktorkerns des Kernkraftwerkes Dodewaard.

EUR/C/2275/1/65 d, n.

Mostert, P.

Auslegung und Eigenschaften des 50-MW-Siedewasserreaktors in Dodewaard.

Kerntechnik 7 (1965) Nr. 5, 229 - 231.

Royaards, R. van Erpers

GKN 50 MW Kernenergiecentrale Dodewaard.

EUR/C/2522/1/65 n.

Schumacher, K.

Untersuchung über den Grundstoffen des Reaktorgefäßes.

EUR/C/2261/1/65 d.

Veen, M.C. van

Forschungs- und Entwicklungsarbeiten zur Vorbereitung der Herstellung des Reaktordruckgefäßes für den 50 MWe Siedewasserreaktor des Kernkraftwerkes Dodewaard.

EUR/C/2637/65 d.

1966

Bakker, J.H.

Visie van de Nederlandse electriciteitsbedrijven op de toepassing van kernenergie voor de electriciteitsproductie.

Elektrotechniek 44 (1966) Nr. 6, 137 - 142.

Fraude, A.

Spezielle Instrumentierung und Experimentierprogramm beim Kernkraftwerke Dodewaard.

Neue Technik 6 (1966), 336 - 340.

BIJLAGE II

3.

Kuyk, R.M. van
Limiting factors of heat extraction from the core.
Elektrotechniek 44 (1966) Nr. 23, 578 - 581.

Mostert, P.
De 50 MW kokend-waterreactor te Dodewaard.
Atoomenergie en haar toepassingen 8 (1966) Nr. 1,
11 - 19.
Nederlands Tijdschrift voor Natuurkunde 32 (1966)
juli, 211 - 220.

Mostert, P.
Dodewaard nuclear power station.
Euro Nuclear (1966), January, 37 - 40.

Rietveld, G.H.
De bouw van de eerste Nederlandse Kernenergiecentrale.
Elektrotechniek 44 (1966) Nr. 15, 345 - 358.
De Ingenieur 78 (1966) Nr. 30, E 99 - E 108.
Idem, Nr. 32, E 109 - E 115.

Wassenaar, K.
De constructie van de GKN-reactor.
Elektrotechniek 44 (1966) Nr. 24, 607 - 611.
RCN-mededeling (1968) Nr. 25, 9 - 27 (Atoomconferentie
1966, Bunnik).

1967

Adema, C.K.
Het insluitingssysteem.
Elektrotechniek 45 (1967) Nr. 11, 245 - 249.
De Ingenieur 79 (1967) Nr. 21, A319 - A324.

Hoogensen, C.P.
Material choice and fabrication problems.
EUR/C/1485/1/67.

Kuyk, R.M. van
Thermohydraulica van de reactor,
Elektrotechniek 45 (1967) Nr. 10, 228 - 233.
De Ingenieur 79 (1967) Nr. 21, W115 - W122.

Mostert, P.
Fysische aspecten van het reactorontwerp.
Elektrotechniek 45 (1967) Nr. 10, 221 - 227.
De Ingenieur 79 (1967) Nr. 21, 0 57 - 0 63.

Mostert, P.
Onderzoekprogramma en bijzondere instrumentatie
voor de Dodewaard reactor.
EUR/C/1487/67 n.

Mostert, P.
Kernenergiecentrale Dodewaard.
A.O.-reeks. Boekje AO.1188 (1967).

Ronde, H.J. de
GKN-reactorvat en binnenwerk.
EUR/C/1835/67 n.

Schumacher, K.
Allgemein Übersicht des Kernkraftwerkes Dodewaard.
EUR/C/1485/1/67.

Tiktak, A.
Montage van de onderdelen.
EUR/C/1486/67 n.

Tiktak, A.
Reactorvat en kernondersteuningsconstructie.
Elektrotechniek 45 (1967) Nr. 10, 234 - 239.
De Ingenieur 79 (1967) Nr. 23, W125 - W131.

Waesberghe, J.P.M. Smits van
Elektrische aanleg en instrumentatie.
Elektrotechniek 45 (1967) Nr. 11, 257 - 259.
De Ingenieur 79 (1967) Nr. 23, E85 - E87.

Waesberghe, J.P.M. Smits van
Instrumentation and control at the GKN power plant.
EUR/C/1833/67 e.

Waesberghe, J.P.M. Smits van
The fuel element defects detection system of the
GKN plant.
EUR/C/1834/67 e.

Wassenaar, K.
Algemene overwegingen ten aanzien van de indeling van
de centrale.
Elektrotechniek 45 (1967) Nr. 11, 250 - 257.
De Ingenieur 79 (1967) Nr. 23, A 350 - A 358.

Weersink, B.J.
De toepassing van hydrocyclonen in het reactorzuiverings-
systeem van de GKN-Kernenergiecentrale te Dodewaard.
EUR/C/2832/67 n.

Woldringh, S.H. und H. Jaschek
Regelung und dynamisches Verhalten.
EUR/C/1488/67.

BIJLAGE III

1.

BESCHRIJVING VAN UITVOERING EN BEPROEVING VAN DE LUCHT-
DICHTTE CONSTRUCTIE OP DE 36.00+ VLOER VAN HET REAKTORGE-
BOUW VAN DE KERNENERGIECENTRALE TE DODEWAARD.

1. Inleiding.

Op de 36.00 + vloer van het reaktorgebouw is een staalconstructie gesteld. Deze constructie vormt met een 4 mm dikke beplating de luchtdichte ruimte boven genoemde vloer.

De aansluiting van de staalconstructie op de betonnen vloer is als volgt uitgevoerd.

In de beton is als omranding een hoekstaal 100x100x10 mm ingestort, langs de gehele omtrek van de 36.00+ vloer. De kolommen zijn op de betonvloer ondersabeld met goede stampbeton.

Op de ingestorte omranding is geheel rondgaand een hoekstaal 75x150x9 mm luchtdicht gelast, en deze opstaande rand is tevens luchtdicht tegen de buitenflenzen van de kolommen bevestigd. De aansluiting van ingestort hoekstaal en kolomvoeten met de beton is over de gehele omtrek met Wapex 2 componentenplamuur afgestroken.

De eigenlijke beplating met horizontale en verticale regels, pasplaten, neopreenstrippen enz. is uitgevoerd, geheel overeenkomstig de navolgende montagevoorschriften, waarin tevens is aangegeven op welke wijze de lassen uitgevoerd en getest zijn.

De beplating vindt zijn aansluiting aan het dak en dit dak is geheel luchtdicht uitgevoerd als Robertson Q Floor, afgeplakt met 0,5 mm dikke Drakatechnafolie, waaroverheen een laag bimsbeton van 50 mm is gestort.

Op deze bimsbeton is Roofmate isolatie met 2 lagen dakleer geplakt.

De beplating bestaat uit een groot aantal vlakke platen, welke rondom zijn voorzien van een neopreen afdichtingsstrip. (zie tek. GKN nr. 291266).

Verder zijn er een aantal overgangen van een gelaste verbinding naar een door neopreen strip afgedichte verbinding.

De toegepaste silicon rubber als afdichting t.p.v. deze overgangen, alsmede de dakaansluitingen is beproefd op hechting en elasticiteit en deze rubber evenals de neopreenstrippen zijn bestand tegen de verf, waarmee de beplating is geconserveerd. (Protektol S.P. (Premier)).

Een verkleinde uitvoering van een kolomvoet met aansluiting aan hoekstaal en beplating is met de silicon rubber afdichting op ca. 750 mm w.k. beproefd met goed resultaat.

Bij deze proefopstelling zijn tevens de luchtdicht aangebrachte bouten met de neopreenringen beproefd.

BIJLAGE III

2.

De grote wandplaten die met een rondgaande neopreen-strip zijn afgedicht, zijn steekproefsgewijs in het werk getest.

Door aan de buitenzijde van een vak de regels op dezelfde wijze als aan de binnenzijde te bewerken en de verticale en horizontale regels bovendien onderling luchtdicht aan elkaar te lassen, zijn van 2 vakken, in de West- en Zuidwand geheel gesloten dozen gemaakt. Zie tek. 1-1878-12-257).

De zo gevormde dozen zijn door middel van een U-vormige buis op de buitenlucht aangesloten en met lucht op een overdruk van 200 mm w.k. gebracht. De U-buis vormde een waterslot.

Deze beide dozen zijn toen 48 uur getest, waarbij bleek dat de overdruk gehandhaafd bleef en slechts veranderde overeenkomstig de wisselingen van de buitenlucht temperatuur.

De neopreen afdichtingsstrippen zijn speciaal ontworpen voor deze beplating. De hardheid bedraagt ca. 55^o Shore en de hoeken zijn ge vulcaniseerd. Een goede aanligging van de strippen van de platen is verkregen door de neopreenstrippen ca. 1,5% korter te maken dan de plaat- omtrek.

De montagevoorschriften hebben betrekking op de op de staalconstructie van het reaktorgebouw aan te brengen regels, de afdichting van de bouten, de beplating voorzien van neopreen afdichtingsstrippen, de aansluiting op de betonconstructie t.p.v. de 36.00+ vloer en de afdichting van de aansluiting tussen de wanden en het dak. Bij het opstellen van deze montagevoorschriften werd er van uitgegaan dat de staalconstructie bestaande uit kolommen, dakbalken, windverbanden en kraanrails reeds zijn gemonteerd en afgesteld, zij het niet volledig bij de aanvang van de montage van de beplating.

2. Montage en controles.

De montages zijn uitgevoerd in de volgorde zoals hieronder aangegeven.

2.1. Hoekkolom.

Montage: a) De koppen van de IOK voorspanbouten, die onder de onder c) genoemde afdichtingen komen te zitten, moeten worden vastgezet m.b.v. een borgplaat. (Zie tek. 1-1878-12-258).

b) Omdat het windverband tijdelijk weer moet kunnen worden losgenomen moeten de moeren, die onder de onder c) genoemde afdichtingen komen te zitten, worden vastgelast aan de hoekkolom.

BIJLAGE III

3.

- c) Over de boutgaten, die luchtdicht afgesloten moeten zijn, moeten afdichtingen worden aangebracht. Hiervan moeten de lasnaden luchtdicht uitgevoerd worden.
- d) In de dakligger moet een afdichtingsplaat gelast worden. De lasnaad moet als luchtdicht uitgevoerd worden.

Controle:

a en b

De borging van de onder a en b genoemde bouten en moeren dient gecontroleerd te worden.

c en d

De lasnaden dienen m.b.v. de vloeistofpenetratie methode gecontroleerd te worden volgens de methode zoals omschreven in GKN lasvoorschrift en vloeistofpenetratietest nr. L-1 rev. 0 par. 4. De beoordeling dient volgens dezelfde specificatie par. 4.4. en de reparaties volgens par. 4.5. te geschieden. (zie punten 4 en 5 van deze beschrijving.

2.2. Hoofdkolommen.

Montage: a) Op iedere kolom moeten de verbindingsbouten van de kolom met de dakligger worden afgesloten met een busje, welk busje met een luchtdichte las op de kolom moet worden vastgelast.

Controle a) Als genoemd onder 2.1. c en d.

2.3. Regels.

Montage: a) Voordat de regels gemonteerd worden controleren of de binnenflens, waarop de tapeinden zijn gelast voldoet aan de volgende eisen:

1. De flens moet ter plaatse van het afdichtingsvlak vrij zijn van beschadigingen, krassen, putjes en indeukingen dieper dan 0,25 mm.
2. Krassen die het pakkingvlak kruisen zijn niet toegestaan.
3. Lasspatten en laskorrels b.v. ten gevolge van het oplassen van de tapeinden en kopflenzen moeten worden verwijderd.
4. Golvingen groter dan 0,25 mm binnen een afstand van 1 meter zijn niet toegestaan. Dit dient als volgt te worden gemeten: Een rei van 1 meter lengte wordt tussen de regel gehouden. Indien er ergens tussen de rei en de regel een voelmaat van 0,25 mm kan worden gestoken dan dient

BIJLAGE III

4.

de regel gericht te worden. Knikken en andere scherpe overgangen mogen in het geheel niet voorkomen.

5. De kopkant van de flens van de verticale regels moet afgeschuind zijn.

b) De volgens a gecontroleerde regels moeten d.m.v. speciale M16 bouten tegen de kolommen worden gemonteerd. Deze bouten (zie tek. 189A) dienen voorzien te worden van een neopreen snoerring (afmetingen: inw. diam. 16 mm doorsnede diam. 5 mm hardheid 50^o shore). De bouten dienen v.w.b. het draagvlak en de groef gecontroleerd te worden op de aanwezigheid van bramen en beschadigingen. De bouten dienen van te voren schoongemaakt te worden, waarna pas de neopreenring over de steel geschoven mag worden. De boutgaten in de kolom mogen maximaal 18 mm zijn en moeten vrij zijn van bramen. Het afdichtingsvlak op de kolom t.p.v. de neopreenring dient vrij van beschadigingen te zijn. Indien de gaten van de te verbinden regels en kolommen niet zuiver tegenover elkaar zitten dan mag alleen het gat in de regels worden opgeruimd en in geen geval het gat in de kolom. Dit laatste i.v.m. het afdichtingsvlak t.p.v. de neopreenring.

c. De verticale regels moeten tussen de horizontale regels worden gemonteerd, zodat de binnenflenzen in één vlak komen te liggen. Hieraan is voldaan indien ertussen een één meter lange rei, welke langs de verticale regel wordt gelegd en juist over de horizontale regel heen ligt en de regels niet meer dan 0,25 mm ruimte overblijft. Deze ruimte te controleren m.b.v. een voelermaat. De vóóropening van de las moet liggen tussen 1 en 4 mm. Indien de vooropening te gróót blijkt te zijn, moet de regel worden losgenomen, waarna de flens moet worden opgelast en opnieuw worden voorbewerkt.

De lasnaden tussen de horizontale en verticale regels luchtdicht te lassen met Elektroden Philips 28 Ø 3,25 mm. Zie punt 3.

De lassen aan de binnenzijde vlak slijpen: zodanig dat het afgeslepen gedeelte voldoet aan de navolgende eisen. Een mes rei over

BIJLAGE III

5.

Doorgaande krassen welke het pakking vlak kruisen zijn niet toegestaan. Putjes of andere indeukingen dieper dan 0,25 mm zijn niet toegestaan.

Controle: Alle hierboven gestelde eisen moeten worden gecontroleerd. De lassen moeten d.m.v. de vloeistofpenetratie methode worden gecontroleerd volgens GKN lasspecificatie nr. L-1 rev. 0 par. 4, waarin eveneens de beoordelingscriteria zijn opgesomd.

2.4. Aansluiting op 36.00+ vloer.

Controle: Het ingestorte hoekstaal moet worden gecontroleerd op aansluiting aan de beton waar nodig moet het hoekstaal worden aangegoten.

Montage: Op het ingestorte hoekstaal moet het hoekstaal L 150-75-9 worden gesteld en vastgelast. De lasnaad aan de buitenzijde moet doorgaan en luchtdicht worden uitgevoerd. De verticale naden in dit hoekstaal moeten luchtdicht worden gelast; voorbereiding van de lasnaad halve V-naad. De kier tussen de kolommen en het hoekstaal te vullen met een staafje \emptyset 12 (mat.st. 37) en dit luchtdicht vastlassen aan kolom en aan het hoekstaal.

Controle: Alle luchtdichte lassen te controleren d.m.v. de vloeistofpenetratie methode zoals omschreven in GKN lasspecificatie no. L-1 rev. 0 par. 4 waarin eveneens de beoordelingscriteria zijn opgesomd.

2.5. Beplating.

Hijzen: a) De platen zullen door de hijsluiken naar de 36.00+ vloer worden gehesen met behulp van de kraan van het reaktorgebouw. De stropen moeten zijn van Hercules-touw en mogen de platen op generlei wijze beschadigen. Per keer mogen bij deze methode slechts vier platen gehesen worden.

Montage: a) De platen per veld (5 stuks) aanvoeren op de 36.00+ vloer en per veld opstapelen in de juiste montage volgorde. Deze volgorde is van beneden naar boven. De platen moeten worden opgestapeld met onderstoppen recht boven elkaar, zodanig dat de plaatranden vrij blijven, zodat deze niet beschadigd of verbogen kunnen worden.

BIJLAGE III

6.

- b) De plaatranden moeten worden gecontroleerd, krassen, putjes, indeukingen mogen niet dieper zijn dan 0,25 mm. Golvingen in de plaatranden groter dan 2,5 mm binnen 1 meter plaatlengte zijn niet toegestaan. Dit te controleren m.b.v. 1 meter rei en voelermaat. Knikken en andere scherpe overgangen in de plaatranden zijn niet toegestaan. Krassen, welke het lakkingvlak kruisen, zijn niet toegestaan. De plaatranden moeten vrij zijn van bramen, hoeken met een vijl te breken.
- c) De neopreenstrippen dienen schoon te zijn en gecontroleerd te worden op scheuren, gaatjes, onregelmatigheden in de afdichtingsruggen en de ge vulcaniseerde hoeken. De hoeken mogen nergens scheuren of slechte aanhechtingen vertonen.
- d) Nadat de plaat en de neopreenstrip op bovenstaande wijze zijn gecontroleerd, moeten de neopreenstrippen om de platen worden aangebracht. Hierbij mag geen vuil tussen de strip en de plaat aanwezig zijn. De strip moet gelijkmatig op de plaatrand aanliggen. De strippen zullen onder direkt toezicht worden aangebracht. Een opzichter overtuigt zich persoonlijk dat de strip juist wordt aangebracht d.w.z. de rek van de strip moet gelijkmatig verdeeld worden over de omtrek van de plaatrand en de strip moet goed aanliggen tegen de plaatrand.
- e) Begonnen wordt met het luchtdicht aan elkaar lassen van de platen die tegen de flenzen van de kolommen komen. Deze platen worden op de 36.00+ vloer tegen een rechte hoeklijn gelegd en daar gelast om er zeker van te zijn dat de plaatrand een rechte lijn zal vormen. Daarna wordt deze plaat voorzien van een neopreen strip. De plaat wordt langs de kolommen opgehesen en d.m.v. de kikkers (één per meter) aan de verticale HE 120 A bevestigd. Om de meter wordt de plaat aan de kolom gehecht met een hechtlas van 30 mm lengte. Vervolgens moet de luchtdichte las tegen de kolom worden aangebracht, waarbij maximaal 0,50 m aanéénsluitend wordt gelast en dan 0,50 m wordt overgeslagen. Deze las wordt over de voetplaat van de kolom doorgezegt; de rubberstrip moet 10 mm vrijblijven van deze las.

BIJLAGE III

7.

Na het lassen worden slechts die kikkers verwijderd die het monteren van de naastliggende plaat mogelijk moeten maken, de andere blijven dus eerst vastzitten.

- f) De midden platen worden gehesen met behulp van een speciaal hijsbalkje, zodanig dat de plaat nadat deze horizontaal is opgehesen, vertikaal kan worden gedraaid zonder dat hierbij de rubberstrip wordt beschadigd. De plaat wordt vervolgens opgehesen en met aan de plaat gelaste nokken, op de flens van de horizontale regel geplaatst, waarna de plaat met de twee bovenste en de twee onderste verticale kikkers handvast tegen het regelwerk wordt geklemd. De platen worden van onderaf gemonteerd. Daar waar een windverbandstaaf loopt, moet deze tijdelijk worden gedemonteerd:
Nadat daarna ook een bovenliggende plaat op dezelfde wijze is geplaatst wordt de eerste plaat m.b.v. de kikkers handvast gezet. Het handvast zetten van de kikkers gebeurt in de hiergegeven volgorde.
1. de 4 reeds aangebrachte kikkers.
 2. de 4 horizontale kikkers bij de hoekpunten.
 3. de middenste horizontale kikkers.
 4. de overblijvende verticale kikkers.
 5. de overblijvende horizontale kikkers.

Daarna in dezelfde volgorde de kikkers m.b.v. een moment sleutel (aandraaimoment 6,6 Kgfm) vastzetten.

- g) De omgezette bovenplaten hoog 266 en 278 mm worden aan de onderzijde voorzien van een rubberstrip welke met kikkers wordt geklemd op de bovenste regel. Deze platen aan de korte zijden tegen de kolommen luchtdicht te lassen met een hoeklas 3 mm.

Controle: Alle bovenstaande eisen moeten worden gecontroleerd. Alle lassen moeten worden gecontroleerd m.b.v. de vloeistofpenetratie methode volgens GKN lasspecificatie L-1 rev. 0 par. 4.

2.6. Silicon caoutchouc afdichtingen.

- a. Alle vlakken, welke moeten worden afgedicht, moeten schoon en droog worden gemaakt m.b.v. staalborstel en kwast.

BIJLAGE III

8.

De openingen die overblijven aan weerszijden van de kolommen bij de aansluitingen van de neopreenstrip aan de elektrische lassen, moeten worden volgezet met elastisch blijvende één-component afdichtingsmateriaal op silicon caoutchouc basis fabrikaat General Electric. (G.E. silicon genaamd) na te zijn voorbehandeld met metaalprimer 5004, eveneens van G.E.

- b. De naden tussen de wanden en de dakplaten zullen met G.E. silicon worden afgedicht, na te zijn voorbehandeld met metaal primer 5004.
- c. De naad tussen de kopplaat van de hoekkolommen en de dakliggers moet worden gedicht met G.E. silicon, na te zijn voorbehandeld met metaalprimer 5004.

Controle: Alle vlakken moeten voordat de G.E. silicon wordt aangebracht, worden gecontroleerd op vuil en vocht.

Tevens moet worden nagegaan of alle G.E. silicon welke wordt verwerkt van de juiste samenstelling is.

2.7. Conservering (na dye-check en ev. reparaties).

Alle onderdelen dienen te zijn behandeld met colturiet zink, na te zijn gestaalstraald. Daar waar gelast en afgeslepen is moet de bescherm laag weer aangebracht worden na de oppervlakken weer blank geborsteld te hebben overeenkomstig de eisen, zoals gesteld aan de gehele staalconstructie. Dit geldt eveneens voor alle beschadigingen van de verflaag, veroorzaakt tijdens transport en montage.

3. Lasvoorschriften.

Montage lassen:

- a) Verbinding horizontale en verticale regels.
 - HE 120 A.
 - Mat. dikte 8 mm.
 - Materiaal St. 37
 - Lasvormen halve V-naad 45°.
 - Vooropening 1-4 mm.
 - Electrode Philips 28.
 - Diameter 3.25 mm.
 - Stroomsterkte 1ste laag: 110A 2de laag: 140A.
 - Spanning: 75 volt.
- b) Verbindingen verticale plaat aan kolom en dozen op kolommen.
 - Mat. dikte plaat 4 mm kolom flens 20 mm.
 - Materiaal St. 37
 - Lasvorm: hoeklas.

BIJLAGE III

9.

Electrode: Philips 28.
Diameter: 3.25 mm.
Stroomsterkte: 125 Amp.
Spanning: 75 volt.

- c) Verbinding L staal 150-75-9 aan L staal
100x100x10.
Mat. dikte: 9 mm en 10 mm.
Materiaal: St. 37.
Lasvorm: hoeklas
Vooropening: geen
Electrode: Philips 28
Diameter: 3,25 mm
Stroomsterkte: 200 amp.
Spanning: 70 Volt.

Uiterlijk van de laslagen.

Het lasmateriaal moet zodanig worden neergelast dat praktisch geen inkarteling aanwezig zal zijn aan de opstaande kant van de lasnaad of het aangrenzende materiaal.

Schoonmaken.

De resterende slak moet worden verwijderd van elke lasrups, voordat de volgende laslaag wordt aangebracht.

Lasfouten.

Oppervlakte scheurtjes en blaasgaatjes van elke afmeting moeten worden verwijderd door uithakken, gutsen of slijpen voordat de volgende lasrups wordt aangebracht.

4. Vloeistofpenetratie-onderzoek.

(G.K.N. lasspecificatie No.: L-1 rev. 0 van par. 4).

4.1. Strekking.

Dit voorschrift heeft betrekking op het gebruik van het vloeistofpenetratie onderzoek voor het opsporen van oppervlakte onregelmatigheden, zoals scheurtjes, overlappingsen, poreusiteit, bindingsfouten en dergelijke oppervlaktefouten in ferro en non-ferro metalen.

4.2. Algemeen.

1. Oppervlakken, welke onderzocht moeten worden, dienen schoon te zijn en vrij van olie, vet, zand, schilfers of oxydehuid, welke een bevredigend onderzoek kunnen storen.

BIJLAGE III

10.

2. Lasverbindingen worden na het verwijderen van de slak en zonder te slijpen onderzocht. De las mag echter geen randinkartelingen bevatten, terwijl het uiterlijk en de vorm van de las moet voldoen aan de lasspecificatie.

4.3. Onderzoek procedure.

Na de voorbereiding zal het te onderzoeken materiaal onmiddellijk als volgt worden behandeld:

1. De te onderzoeken oppervlakken moeten worden ondergedompeld in of besproeid worden met een penetrerende vloeistof, welke eventueel ook met een kwast aangebracht kan worden. De verblijftijd van de vloeistof op het oppervlak moet voldoende lang zijn om alle discontinuïteiten binnen te dringen. Deze tijd dient minstens 10 min. te bedragen.
2. Nadat de vloeistof voldoende diep in het materiaal gedrongen is, worden de delen zorgvuldig schoongemaakt met een daartoe geschikt middel, opdat alle penetratie-vloeistof van het oppervlak wordt verwijderd. Voor wateroplosbare penetreermiddelen wordt water gebruikt, alsmede wanneer door toevoeging van een passend middel een wateroplosbare emulsie wordt verkregen. De niet-water-oplosbare penetreermiddelen worden met een daartoe geëigende vloeistof (bijv. aceton) van het metaaloppervlak verwijderd.
3. Wanneer een vloeibare ontwikkelaar wordt gebruikt, moet deze onmiddellijk na het verwijderen van de penetratie-vloeistof worden opgebracht door middel van dompelen, spuiten of ook door begieten van het behandeld oppervlak. De toegepaste ontwikkelaar suspensie dient geroerd te worden. Ondergedompelde delen worden weer onmiddellijk uit het bad gehaald en de gelegenheid gegeven om uit te lekken.
4. De behandelde delen moeten zorgvuldig worden gedroogd, hetgeen door verdamping in lucht van kamertemperatuur kan worden verwezenlijkt of ook door warme lucht op het oppervlak te blazen, c.q. het werkstuk in een warme oven met luchtcirculatie te plaatsen. In ieder geval moet een excessieve droogtijd of droogtemperatuur worden vermeden, dit ter voorkoming van een ongewenste verdamping van de penetratie-vloeistof.
5. Een droge poeder-ontwikkelaar moet uniform worden opgebracht door verstuiwen of onderdompelen.

BIJLAGE III

11.

6. Om elke indicatie aan het oppervlak goed te kunnen waarnemen, moeten de te onderzoeken delen goed worden verlicht.
7. De temperatuur van het te onderzoeken oppervlak, de penetrerende vloeistof, het schoonmaakmiddel of ontwikkelaar mag niet lager dan 5°C en niet hoger dan 60°C zijn gedurende de tijd, dat het onderzoek plaats vindt.
8. Het onderzoek van lasverbindingen omvat behalve de las zelf een aansluitend gedeelte van het moedermateriaal met een minimum afstand van 25 mm aan elke zijde van de las.
9. Nadat het onderzoek is beëindigd, moeten alle delen, welke in contact zijn geweest met de tijdens het onderzoek gebruikte middelen, grondig worden gereinigd.

4.4. Beoordelingscriteria.

Indien één of meer van de volgende indicaties aanwezig zijn, moet tot afkeuren worden overgegaan.

1. Elke scheurvormige indicatie of aanwijzing van overlapping.
2. Lineair gerangschikte plaatselijke indicaties van vier of meer onregelmatigheden, waarvan de afstand van rand tot rand 6 mm of minder is.
3. Indicaties, welke wijzen op fouten groter dan 10% van de dikte van het te onderzoeken deel, zoals deze zichtbaar worden door het uitvloeien van de vloeistof.
Hierbij moet de geconstateerde diepte van de fouten minstens 10% van de indicaties omvatten.

5. Reparaties.

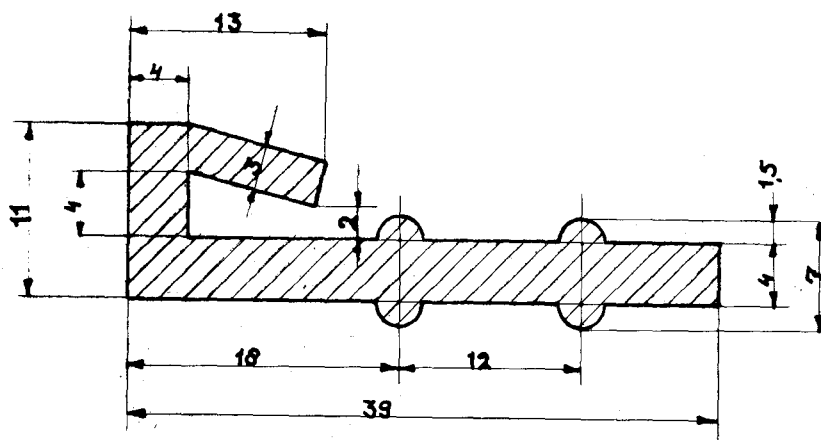
Afgekeurd materiaal of delen daarvan kunnen hersteld worden om te voldoen aan deze specificatie. Hierbij moet te werk gegaan worden volgens een goedgekeurde reparatie procedure, welke dient te omvatten:

1. Het verwijderen van foutief materiaal tot het gezonde materiaal.
2. Herinspectie door middel van het vloeistofpenetratie onderzoek.

BIJLAGE III

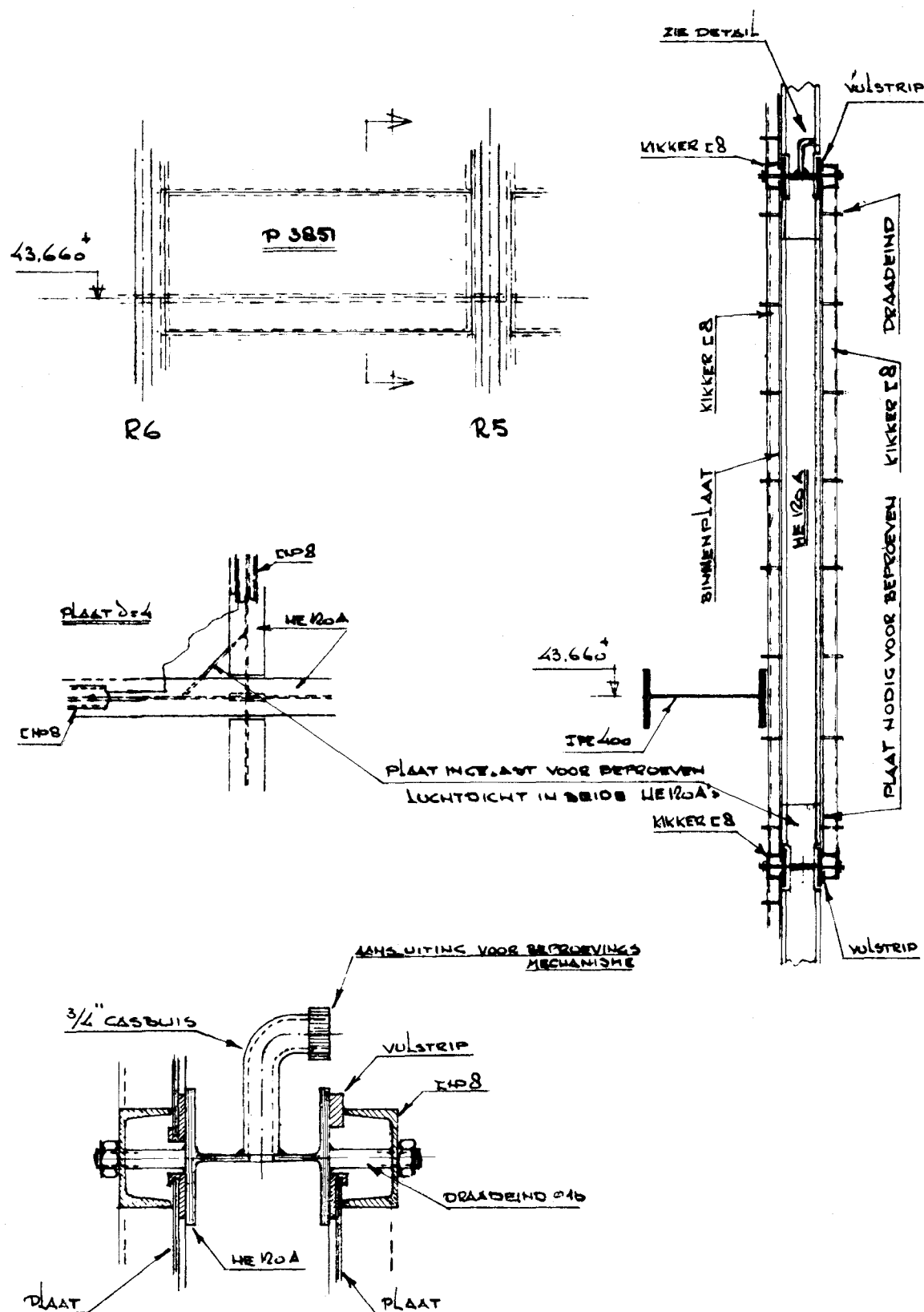
12.

3. Indien vereist, het opnieuw aanbrengen van materiaal ter compensatie van het weggenomen "foute" materiaal.
4. Vloeistof-penetratie onderzoek van het gereede gerepareerde oppervlak.



*Alle ribbels moeten zuiver op maat zijn. r.15
materiaal neopreen 55° shore
totale lengte 75 meter*

| | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------|---------------|--------------------|
| Benaming | | | |
| <i>neopreen profiel</i> | | Formaat | <i>schets nr.:</i> |
| N.V. Gemeenschappelijke Kernenergiecentrale Nederland <small>Auteursrecht voorbehouden volgens de wet</small> | Schaal 2:1 | A4 | <i>291266</i> |
| | Getekend <i>FG</i> | Gecontroleerd | Rangschikmerk |
| | Gezien | | |



PROEFWAND IN ZUIDWAND ALS GETEKEND
EN " " " WESTWAND OP 36.810" TUSSEN PB-RC

KERNENERGIE CENTRALE DOORWAARD

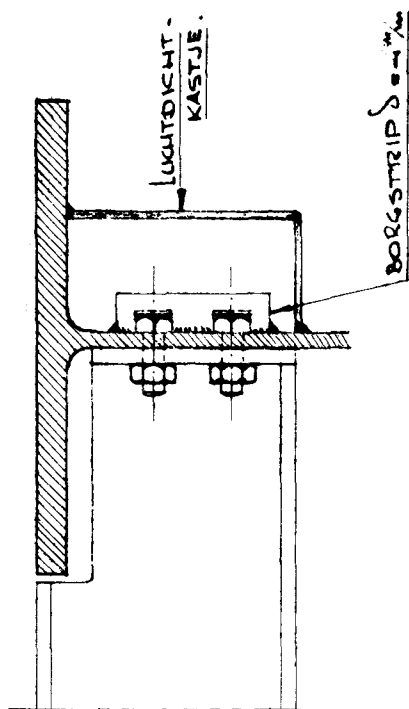
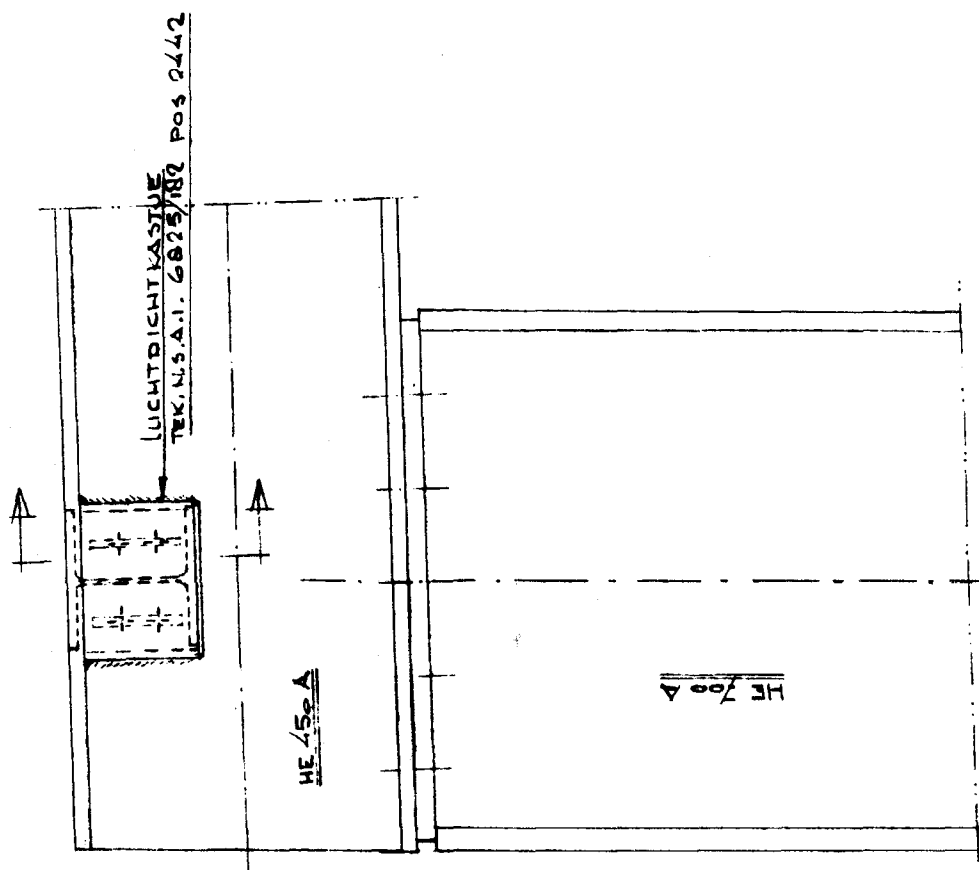
INGENIEURSBUREAU
DWARS, HEEDERIK EN VERHEY N.V.
AMERSFOORT

BEPROEVING PLAATWAND
OP LUCHTDICHTHEID

DAT. 17.10.67
OET. 7.6.

GEZ.
CEV.

1. 1878-12-257



MONTAGE VOORSCHRIFT ALLEEN BIJ HOOFD-KOLONNEN REACTORGEBOUW

KERNENERGIE CENTRALE DODEWAARD

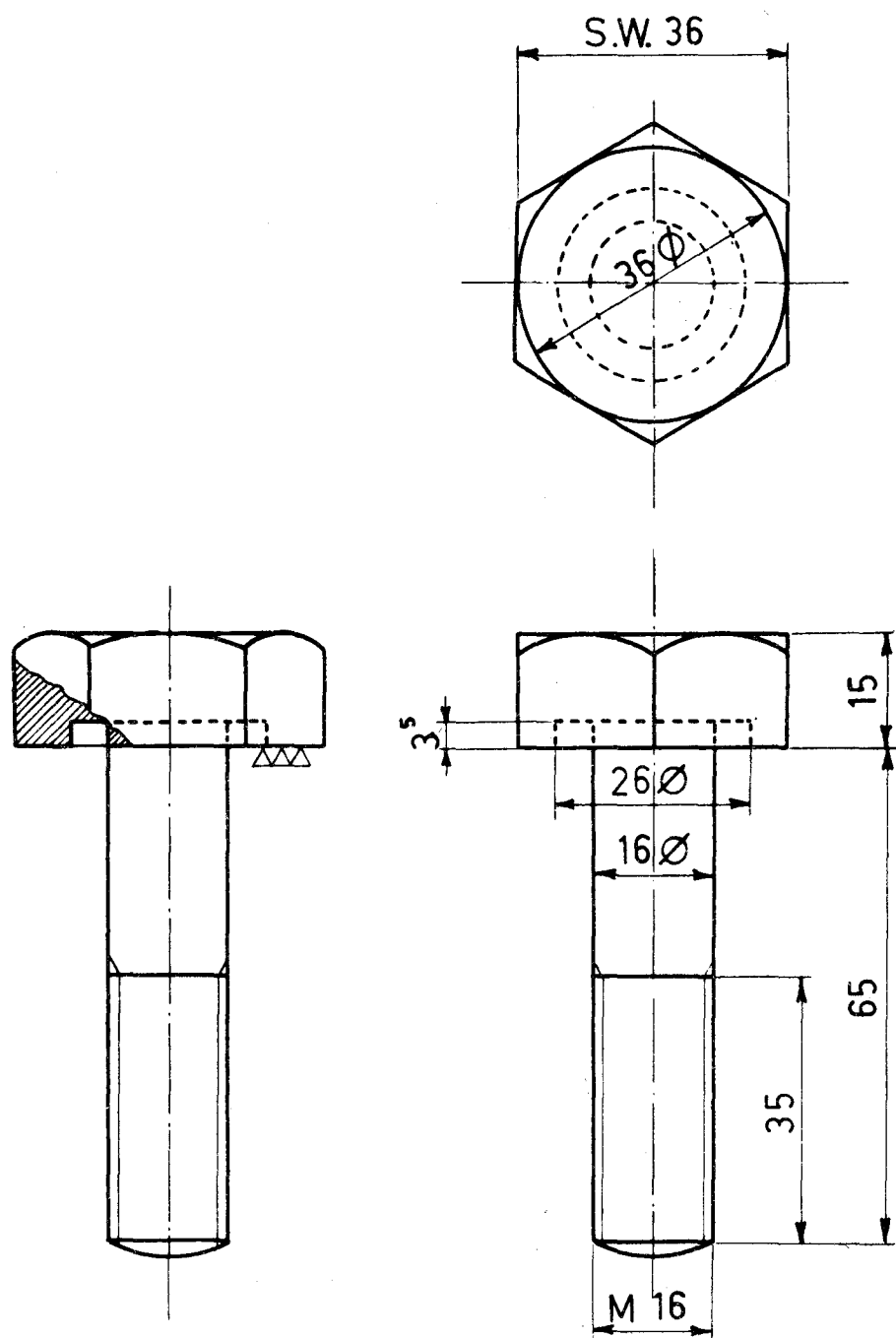
INGENIEURSBUREAU
DWARS, HEEDERIK EN VERHEY N.V.
AMERSFOORT

BORGING BOUTEN BIJ
HOOFDKOLONNEN DAK
REACTORGEBOUW

DAT. 19-10-1967
GET. G.S.

GEZ.
GEW.

1-1878-12-258



UIT VOL MATERIAAL GEDRAAIDE BOUT.
(automatenstaal)

TEK. NO. 189^A

BIJLAGE IV

1.

THE CONTROL ROD DRIVE HYDRAULIC SYSTEM.

General description.

The purpose of Control Rod Drive Hydraulic System supplied by Carlo Gavazzi for boiling water reactors is to move the reactor control rod drives that are hydraulically operated pistons. Each drive positions a boronsteel control rod in the reactor core.

The hydraulic fluid used to operate the drives is the demineralized water, pressurized by the main pumps or by auxiliary pumps.

The functions performed by the Control Rod Drive Hydraulic System (C.R.D.H.S.) are the following:

Normal drive operation.

The energy required for this operation is supplied by the water pressure as described later on. The reactor power level is controlled by varying the insertion of the control rods. For this purpose the control rod drives can be settled in a certain number of positions. The hydraulic piston of the drive is equipped with hydro-mechanical devices that permit the mechanical locking and unlocking of the rod. Normal drive operation has the function to unlock the rod, to move upward or downward the drive and to lock again the rod. This is accomplished by feeding the water pressure into the insertion or into the withdrawal port of the drive piston. The various positions are reached step by step and each rod is operated separately.

Scram operation.

Scram operation causes all rods to be fully inserted simultaneously. The energy for this operation is obtained, for each drive from an accumulator which operated on the basis of the cinetic laws for compressed gases. In such a way the scram energy is stored and is consequently available in emergency conditions as well.

Cooling of the drives.

The drives are practically an extension of the bottom part of the vessel. The drive piston is thus submerged into the reactor water that during normal operation reaches a high temperature. To avoid the drives to reach too high temperatures, water with a pressure, a little higher than the pressure of the reactor vessel, is fed into the insert port of the piston, so that there is a continuous cold water flow inside the drive because of the piston seals leakages.

BIJLAGE IV

2.

Operating conditions.

The components selection and the piping erection of the system are based on the following operating conditions and data:

| | |
|-----------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| Hydraulic fluid | - demineralized water |
| Design pressure | - 125 Kg/cm ² |
| Operating pressure | - 100 Kg/cm ² |
| Design temperature | - 80°C |
| Operating temperature | - 40°C |
| Ambient temperature | - 60°C |
| Ambient rel. Humidity | - 100% |
| Feed water flow | - depending on the rod number and dimensions |
| Max. size of particles in the water downstream the filter | - 25 microns |

Functional description.

The illustration on drawing 6S-50-ESD-1 shows that the control rod drive hydraulic system includes water filtering, pressure regulating (reducing) stations, a NORMAL operation hydraulic system and a SCRAM hydraulic system, with associated interconnecting lines and pneumatic provisions..

Pumping station.

Experience indicates that an improvement is obtained by using positive displacement pumps because of there favorable head curve and inherent higher efficiency at high pressures and low flows.

These pumps are equipped with pulsation dampeners on the discharge side to absorb the vibrations generated in the piping and equipment nearby and due to the plunger construction of the pumps themselves.

The following auxiliary devices are also provided with the pumps:

| | |
|-------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Relief valves | - for high pressure on the discharge side |
| Pressure switches | - for low suction pressure detection |
| Strainers | - upstream the pumps to protect them from foreign matter |
| Check valves | - up and downstream the pumps to avoid shut-off valves handling when the running pump is stopped and the stand-by must be started. In such a way it is possible to perform this operation with remote controls. |

Pumps are now considered as a part of the Control Rod Drive Hydraulic System; they must be completely independent from the other reactor pumps and for this reason they are designed for having a suction pressure equal to the atmospheric one.

BIJLAGE IV

3.

Filtering station.

Two filters with a recleanable metal screen element are provided to remove quantities of rust, scales or other particular matter from the fluid used in the hydraulic system.

On the upstream and downstream sides each filter has gate valves for shut-off during recleaning. A differential pressure switch (DPIS-160) with a Barton cell sensing element is used to detect high differential pressures across the filters when they become dirty. This filtering station is suitable to eliminate particles having dimensions above 25 microns.

The material used for parts in contact with not filtered water is usually carbon steel. Because of the higher corrosion rate of carbon steel if compared against stainless steel pipes, valves and other components are designed with a higher pressure rating.

Downstream the filters the whole plant (with the exception of scram dump tank NC-04 and piping involved) is constituted of stainless steel piping and of components having all the metal parts in contact with water made of st.st. or special alloys expressly used when erosion or tightening problems are involved. Thus the filtered feed water going into the reactor vessel cannot contact carbon steel parts.

Filters are among those components of the hydraulic system that are supplied in duplicate, for reliability purposes.

Other duplicate components are:

- Pressure control valves (PCV-175) with associated pressure controllers (PC-175)
- Differential pressure control valves (PCV-165 and 166) and associated differential pressure controllers.

Immediately after the filtering stations a strainer and a flow measurement device are installed in the piping. The strainer is used as a back up to the system filters. In the event the system filter should fail, the strainer will protect the downstream valves and control rod drives from large particles of foreign matter.

Maximum size of the particles that can pass the strainer is about 3 millimeters. The flow measurement device is normally of the orifice-or rotameter type.

Instrument FIT 167 is an electronic transmitter used to have in the main control room an indication or recording of the control rod drive hydraulic system water flow.

BIJLAGE IV

4.

Control stations.

100 Kg/cm² reducing station.

The system filtered water is directed to pressure reducing valves PCV-175 (one is used as spare).

The pressure upstream these pneumatically controlled valves is the pump discharge pressure, i.e. 120 Kg/cm², less the pressure drop across filters, strainer etc.

The operating conditions of this control station are always the same also during the reactor start-up since hydraulic accumulators for scram, as explained later on, have to be kept water charged by means of a water pressure of 100 Kg/cm² also when the reactor vessel pressure is zero.

This requirement is due to the fact that the hydraulic system must be able to scram the reactor under all conditions.

The control valve keeps its own downstream pressure at 100 Kg/cm² by means of a pressure controller (PC-175); such a pressure is then fed into the "Accumulators charging header".

During operating conditions the control valves of this station have to withstand a constant pressure drop of about 20 Kg/cm² with a constant flow.

A gage and a pressure switch (PI-170B, PS-169) are provided downstream the control station for local indication and high-low pressure alarming.

Downstream this first reducing station the water flow is diverted to the PR+21 Kg/cm² reducing station and to the "Accumulator charging header".

The "Accumulator charging header" carries a water flow only during the water charging of the accumulators. When all accumulators are charged all the pumped water reaches the PR+21 Kg/cm² reducing station. Each accumulator charging line is provided with a check valve to prevent back flow during SCRAM operation.

This valve can also be used as a hand shut-off valve.

PR+21 Kg/cm² reducing station.

The water flow is directed to the pressure reducing valves PDCV-165 (one is used as spare), at the reduced pressure of 100 Kg/cm².

Water pressure is thus once more reduced to a value that depends on reactor vessel pressure.

BIJLAGE IV

5.

In fact the pressure downstream the valve DPCV-165 has to be constantly higher than the reactor vessel one (PR pressure). This differential pressure is 21 Kg/cm² and is the one needed for normal drive operation as described in the following pages.

What is said above shows that the operating conditions of this control station are not constant. As for the first reducing station the flow through the second one is constant and equal to the pumped one when accumulators are not under water charging.

The differential pressure across the control valve varies as a function of the reactor vessel pressure from a maximum of 79 Kg/cm² when the vessel pressure is zero, to a minimum of 9 Kg/cm² when the vessel pressure is the operating one of 70 Kg/cm².

Of course the valve must always operate correctly within these limits because it is just during the reactor start-up that normal driving operation is often performed.

The control valve is operated by a pneumatic differential pressure controller (DPC-165) with a Barton sensing element connected to the reactor vessel by means of a reference line and to the downstream side of the control valve itself.

The differential pressure controlled by this reducing station is measured locally indicated and transmitted to the control room by means of an electronic transmitter (DPT-163).

Downstream this second reducing station the water flow is diverted to the PR+2.1 Kg/cm² reducing station and to the "PR+21 Kg/cm² header" for normal drive operation.

The "PR+21 Kg/cm² header" also called "Drive header" carries a water flow only during the Normal drive of the control rods. The maximum flow is that determined by the water volume requested by the hydraulic piston of one drive when it is moved upward or downward with the Normal drive speed. Normal drive operation is accomplished by moving one rod at a time.

This flow is measured by the electronic transmitter (with orifice or rotameter sensing element) FIT 176.

A hydraulic pulsation dampener NC-05A is connected with the "PR+21 Kg/cm² header" in order to have a very short time of pressure reset during the Normal drive operations. When no Normal drive operation is accomplished all the pumped water reaches the PR+2.1 Kg/cm² reducing station.

BIJLAGE IV

6.

PR+2.1 Kg/cm² reducing station.

At the reduced pressure of PR+21 Kg/cm² (i.e. 91 Kg/cm²) during Normal conditions, the water flow is directed to the pressure reducing control valves dPCV-166 (one is used as spare).

Water pressure is thus once more reduced to a value that depends on the reactor vessel pressure. In fact also the pressure downstream this valve dPCV-166 has to be constantly higher than the reactor vessel one (PR pressure). This differential pressure is 2,1 Kg/cm² and has been fixed to establish the cooling water flow through the drive piston seals.

This control station has the characteristics to operate always with a constant differential pressure of 18,9 Kg/cm², this is because upstream and downstream pressures are both controlled, the former by the valve dPCV-165, the latter by the valve dPCV-166 itself.

The flow rate through "PR+2.1 Kg/cm² reducing station" is the whole pumped one when no accumulator charging or normal driving is accomplished.

During normal drive operation the flow through valve dPCV-166 is the pumped one less the flow required to the "PR+21 Kg/cm² header" for moving the control rod drive.

Upstream pressure at this control valve dPCV-166 varies from 21 Kg/cm² when the vessel pressure is zero to 91 Kg/cm² when the vessel pressure is 70 Kg/cm². Consequently the downstream pressure varies from 2,1 Kg/cm² to 72.1 Kg/cm².

The control valve is operated by a pneumatic differential pressure controller (dPC-166) with a Barton sensing element connected to the reactor vessel by means of the same reference line used for controller dPC-165 and to the downstream side of the control valve itself.

The differential pressure controlled by this reducing station is measured, locally indicated and transmitted to the control room by means of an electronic transmitter (dPT-164).

Downstream this third reducing station the water flow is diverted to the reactor vessel through a check valve (to prevent back flow from the vessel in case of pressure failure) and a gate shut-off valve and to the "PR+2.1 Kg/cm² header".

The branch line to the vessel serves to ensure a basic flow to the regulating stations.

BIJLAGE IV

7.

The "PR+2.1 Kg/cm² header" also called "return header" is used to feed cooling water to the drives and to receive the water exhausted by the hydraulic pistons during normal drive.

During stand-by conditions the water flow through this header is the cooling one; when normal drive is performed, this flow decreases because the cooling flow of one drive is shut-off and in the meantime a part of the cooling water requested by the other drives is supplied by the hydraulic piston that is under operation and discharges water into "return header".

This flow is measured by a local indicator (FIS 168) equipped with switches for low flow alarming.

Low flow in the "Return header" is dangerous because if drives are not cooled enough, they can reach too high temperatures.

Modules.

Each Control Rod Drive is equipped with one "Control Module" that is the part of the system that includes all the components needed to perform normal drive, scram and cooling operations.

The illustration 6S-50-ESD-1 represents the typical control module circuit for one drive. The basic circuit is the same for all other drives.

The module is essentially divided into two sections, one for normal drive and cooling, the other for scram.

Module normal drive section.

The normal drive system operates with the water pressure of PR+21 Kg/cm² and PR+2.1 Kg/cm² that are respectively fed into the "Drive header" and the "Return header".

As shown on the functional diagram, each normal drive section of the modules is connected to these two headers.

The normal drive section is constituted by a special combination selector valve designed by Carlo Gavazzi, in which are incorporated. Two insert solenoid selector valves (NC-17 and NC-19) one of which (NC-19) includes a check valve in series, two withdrawal solenoid selector valves (NC-18 and NC-16) one of which (NC-16) includes a by-pass check valve, two manual flow control valves (NC-24 and NC-101) one shut-off gate valve downstream the PR+2.1 Kg/cm² header connection and one check shut-off globe valve downstream the PR+21 Kg/cm² header connection.

BIJLAGE IV

8.

DRIVE - INSERT OPERATION is performed to lower reactivity in the core. To insert a specific control rod, the operator in the reactor control room causes the selector switches to select the particular drive for movement. The action of these switches selects the selector valves serving that drive in the hydraulic system.

Inasmuch as only one set of these valves may be selected by the setting of these switches, the operation of more than one drive mechanism at a time is prevented during normal reactor operation.

When the operator energizes the "decrease-reactivity control switch" the insert valves NC-17 and NC-19 are actuated. This applies the PR+21 Kg/cm² driving pressure to the piston insert side, simultaneously the piston withdrawal side is connected to the "Return header" at a pressure of PR+2.1 Kg/cm².

The 18.9 Kg/cm² differential acting on the drive piston area, exerts an upward force. This force is bigger than the friction and weight of the control rod drive mechanism index tube, so the drive inserts the rod.

Pressure is automatically sequenced by the selector valves to limit the duration of the drive - insert signal to the time required for the index tube to move upward, out of the locked position to the next higher locked position in which the collet fingers enter the locking grooves and hold the index tube stationary.

The speed at which the drive moves is determined by the pressure drop through the speed control valve NC-101.

The electrical system also programs the opening and closing of the selector valves as required to override the single step jog function of drive movement, and as required to vent the drive to permit settling after removal of a drive-movement signal.

The settling circuit is energized automatically; however, the jog override results only from manual switch positioning in the reactor control room.

DRIVE WITHDRAWAL OPERATION is performed to raise reactivity in the core. To withdraw an individual control rod the operator selects the respective drive as described for insert operation. When the operator energizes the raise-reactivity control switch, time delay relays in the electrical system program, the insert selector valves NC-17 and NC-19 to apply a drive-insert signal, as described for insert-operation for a fraction of a second. This brief drive-insert signal moves the index tube upward, expanding the locking mechanism collet fingers.

BIJLAGE IV

9.

Immediately thereafter, the electrical system operates the withdrawal valves NC16 and NC18 to apply a brief drive-withdrawal pressure to the drive mechanism.

Drive header pressure of PR+21 Kg/cm² is applied to the piston withdrawal side, while the piston insert side is connected to the "Return header".

During this momentary drive withdrawal interval pressure is also applied to the unlocking piston that keeps the collet fingers open until the drive-withdrawal signal is removed, after which the index tube settles downward into the next lower locking groove.

Water displaced by the drive piston flows out through the speed control valve NC24, determining the speed at which the drive moves.

All overmentioned operations are required because the unlocking piston area is small enough that it is impossible to operate it when its movement is opposed by the return spring, by the drive weight and by the driving pressure applied to the piston withdrawal side. Moreover, the collet fingers are shaped so that the downward forces on the index tube hold the latch in place.

COOLING AND FLUSHING FUNCTION is performed in order to prolong the life of the drive internal seals and bushings. Cooling water flows through the hydraulic system Return header, enters the drive mechanism through the check valve connected in parallel with the solenoid valve NC16 below the drive piston, flows upward through the drive seals and into the reactor vessel. When the drive mechanism is fully withdrawn and the control rod is backseated against the top of the reactor vessel thimble, a path for cooling is established by the rod and tube assembly, which unseats a backseat valve in the coupling socket of the control rod.

The valves downstream the connections to the "drive" and the "return" headers are intended for normal drive section shut-off.

The valve downstream the connection to the "drive header" is also a check valve intended to prevent back flow into the header itself during scram operation, the valve NC17 being under reverse condition of pressure.

The position in the circuit of the flow control valves is on the side of maximum flow, in order to allow a better flow adjustment. The normal drive water is fed to the Control Rod Drive through the same pipe lines used for scram operation.

Module scram section.

The scram hydraulic system operates with a water pressure of 100 Kg/cm² that is fed into the "Accumulator charging header".

BIJLAGE IV

10.

As shown on the functional diagram each scram section of the modules is connected to this header through a check shut-off valve that prevents back-flow during scram operation. The scram section is constituted by: one inlet scram valve NC09, one outlet scram valve NC10, one flow control valve NC41, two scram pilot valves NC15A and NC15B, one accumulator with related instrumentation and charging accessories and two gate valves for the drive shut-off. All module scram sections are connected to the common part of the scram circuit that is constituted by a scram dumptank NC04 complete with a vent valve (NC11), a drain valve NC12, a relief valve (NC21), two scram pilot valves (NC42, NC22), one test solenoid valve (NC46C) and five level switches (LS-180-184).

Additionally two scram back-up solenoid valves (NC-46A,B) and a "by-pass line" between the reactor vessel and the scram dump tank are provided.

The over mentioned by-pass line is constituted by two scram valves (NC-09A; NC-10A) perfectly equal to the scram valves NC09 and NC10 and equipped with pilot valves, check valves and gate shut-off valves.

SCRAM OPERATION is initiated when the circuits of the reactor protection system are deenergized either automatically, when an emergency condition occurs requiring fast shut-down of the reactor; or manually when the manual scram switch in the reactor control room is actuated.

The reactor protection system incorporates two independent fail-safe circuits, which both must be deenergized to initiate scram.

This feature ensures that the failure of a single component will not initiate an unintentional scram.

When both circuits of the reactor protection system are deenergized the pilot valve (NC15A, B etc) supplying air to the pneumatic scram valves (NC09, NC10 etc) are deenergized, venting the air contained in the scram valve actuators and shut-off the air supply. This opens the inlet and outlet scram valves and simultaneously closes the scram dump tank vent and drain valves. High pressure water at 100 Kg/cm² flows from the accumulator through the inlet scram valve (NC09) and the flow control valve (NC41) to the area below the drive piston in the drive mechanism, while water from above the piston flows to the scram dump tank, consequently causing the control rod to be inserted rapidly into the core. The scram dump tank is maintained at the atmospheric pressure during normal plant operation. The high differential pressure produces a large upward force on the index tube and control rod, giving the control rod a high initial acceleration and providing a wide margin of force to overcome any possible friction or binding. As the drive piston nears the top of its stroke the piston seals close off the large passage in the exhaust line, thus providing a gradual deceleration.

BIJLAGE IV

11.

Adequate capacity in each drive accumulator is available to complete a scram, in the required time, at low reactor pressure. At higher reactor pressure, the accumulator is assisted by the reactor pressure reaching the drive through the ball valve mounted in the thimble flange. As the water is drawn from the accumulator, the discharge pressure drops below the reactor pressure. This causes the check valve to shift its position to admit reactor pressure under the drive piston. Thus the reactor pressure furnishes the force needed to complete the scram stroke at higher reactor pressures, while the accumulator alone is capable of supplying the pressure even during low pressure scram.

Upon initiation of scram, manual rod control circuitry interlocks prevent withdrawal of any control rod from the core until the conditions requiring scram have been corrected and system operation has returned to normal. Upon recovery from scram, the dump tank valves are opened to drain water from the tank in the meantime scram valves are closed and accumulators are automatically recharged within a few minutes.

The scram accumulators provide the stored energy and water volume required to scram all control rods simultaneously.

The gas side of each accumulator is precharged with nitrogen and compressed by the water charge to a pressure sufficient to scram a fully-withdrawn control rod at low vessel pressures. The precharge pressure is a function of the operating pressure of the water that fills the upper chamber of the accumulator and of the minimum water pressure required after discharging.

On the gas side a specially by Carlo Gavazzi designed manifold is directly screwed to the accumulator. This manifold, completely made of stainless steel, includes: a burst disc, used as a safety device in case of too high a pressure in the accumulator, a level alarm switch (LS-172) with contact actuated by a magnetic switch, used to detect water level in the bottom part of the accumulator due to water leakages through the bag, two needle valves for nitrogen charging connection, pressure switch (PS-171) and gauge (PL-170) shut-off, a quick high pressure connector used for nitrogen charging and a connection for test purposes.

A pressure gauge PL-170 gives a local indication of the gas side pressure, while the pressure switch PS-171 detects low pressure that occurs when gas leakages take place allowing the bag to reach its stop. When the bag is collapsed, if the gas leakage persists the gas pressure will decrease under the water pressure.

RIJLAGE IV

12.

If any single accumulator is in abnormal conditions, i.e. water or gas leakages occur, an alarm signal is sent to the control room. If any two accumulators are in abnormal conditions a safety circuit is energized to lock Control Rod withdrawal.

Scram valve operations are controlled by three way pilot solenoid valves (NC15A and B).

When the coils of both valves are energized, the 5 Kg/cm² air pressure is directed to the diaphragm actuator of the scram valves, thus causing the valves to close. To open the scram valves both coils must be deenergized. If only one pilot valve is deenergized, scram cannot take place. A piston type flow control valve (NC41) is used to adjust the drive speed during scram.

All pilot scram valves (NC15A, B, NC42, NC22, and by-pass line pilot scram valves) are connected to the air supply through the scram back up valves (NC46A, B) that are used to depressurize the entire air-header and thus scram any drive even though its pilot valve may not have been actuated, which in itself is a remote possibility.

Scram dump tank pilot scram valves are also air supplied through a test valve NC46C that permits a check of the closure characteristics of the pneumatic drain and vent valves (NC11, 12) during reactor operation by simulating a scram.

The scram dump tank is provided to limit the loss of vessel water during scram and also to contain it; this tank receives the water ejected from the drives during scram and also the reactor water that leaks through drive seals until the scram valves are reset.

Vessel water reaches the scram dump tank through the "Scram discharge header". Since the vent and drain valves NC11 and NC12 after scram are closed, after a certain time this tank can reach the same vessel pressure. For this reason when scram is not yet reconditioned, i.e. the scram valves NC09 and NC10 are still open and when the vessel pressure decreases the pressurized water contained in the scram dump tank can withdraw the rods.

To avoid such an inconvenience, as a latest improvement, a bypass line between the reactor vessel and the scram dump tank has been added. During normal conditions this line is closed by scram valves. When a scram occurs these valves are opened and since scram dump tank is under atmospheric pressure, check valves on the bypass line are closed by the vessel pressure thus avoiding to fill the scram dump tank through the bypass line itself.

BIJLAGE IV

13.

When the tank has reached the same vessel pressure if the latter falls, check valves are opened by the tank pressure itself, thus equalizing the two pressures.

The tank is equipped with five level switches. One of the switches (LS-184), energizes an annunciator if an accumulation of water, even in small amounts, exists in the tank since under normal conditions the tank should be empty.

Switch LS-183 energizes a second annunciator if the tank fills to approximately one-half the amount that will produce a high level scram.

Switches LS-180, 181 and 182 are connected to the reactor protection circuit and will produce scram if one of them is actuated.

Welding of the system

One of the most important procedures to be followed for C.R.D.H.S. erection is the one concerning the pipe weldings. The number of weldings required by each drive is about 110, this means that even a small power reactor having 37 drives requires about 4.000 welds. These welds are mainly of the socket type made on st.st. pipes and fittings.

Many weldings of the butt-welded type, weldings on carbon steel pipes and fittings, transition weldings (carbon steel with st.st.) are required.

In addition special weldings have to be done in the most critical point of the system that is the "Thimble flange", the connection between the hydraulic system and the drive housing.

All the welders are qualified according to ASME codes. In addition to this qualification the special requirements by the national codes of the country in which the reactor is built have to be fulfilled. In this case also G.K.N. asked for some special qualification, normally following the more restrictive requirements of the two codes.

No leakages are allowed for any welding so the 100% of them are to be checked with the liquid penetrant method additionally. The more important or critical weldings are radiographed for internal defects.

A problem from the point of view of the weldings is the small area available inside the reactor containment, where the system is installed. Many difficulties arose as a consequence of this fact, firstly to reach the point to be welded, Then the welder must be able to work in any position even welding by using his left hand and by looking to the welding point through a mirror.

BIJLAGE IV

14.

Another difficulty arises from the fact that many devices to be welded into the system (special fittings, valves etc.) have dimensions reduced to the minimum to save space. So during the welding operation these small items are heated up very quickly. This heating up has to be limited to avoid damages on the critical parts of the devices due to thermal stresses.

Rather special procedures must be followed for welding the pipes from the Hydraulic System to the "Thimble flanges". These weldings must be carried out when the "Thimble flanges" are already installed. This means that they are already part of the reactor vessel and cannot be substituted.

In each "Thimble flange" two welds have to be made, so for 37 flanges 74 special welds must be made without any mistake. As a fillet material is used a particularly shaped pavet on the "Thimble flange" itself that is melted during the welding.

To carry out these weldings the welder has to work looking up-side to the "Thimble flanges" which are over his head in an horizontal plane and has to reach the welding point with a torch inside a hole having a diameter of about 30 mm without damaging any surface or edge.

The thermal stresses due to the welding heat input must be carefully checked to avoid any deformation of the thimble flanges.

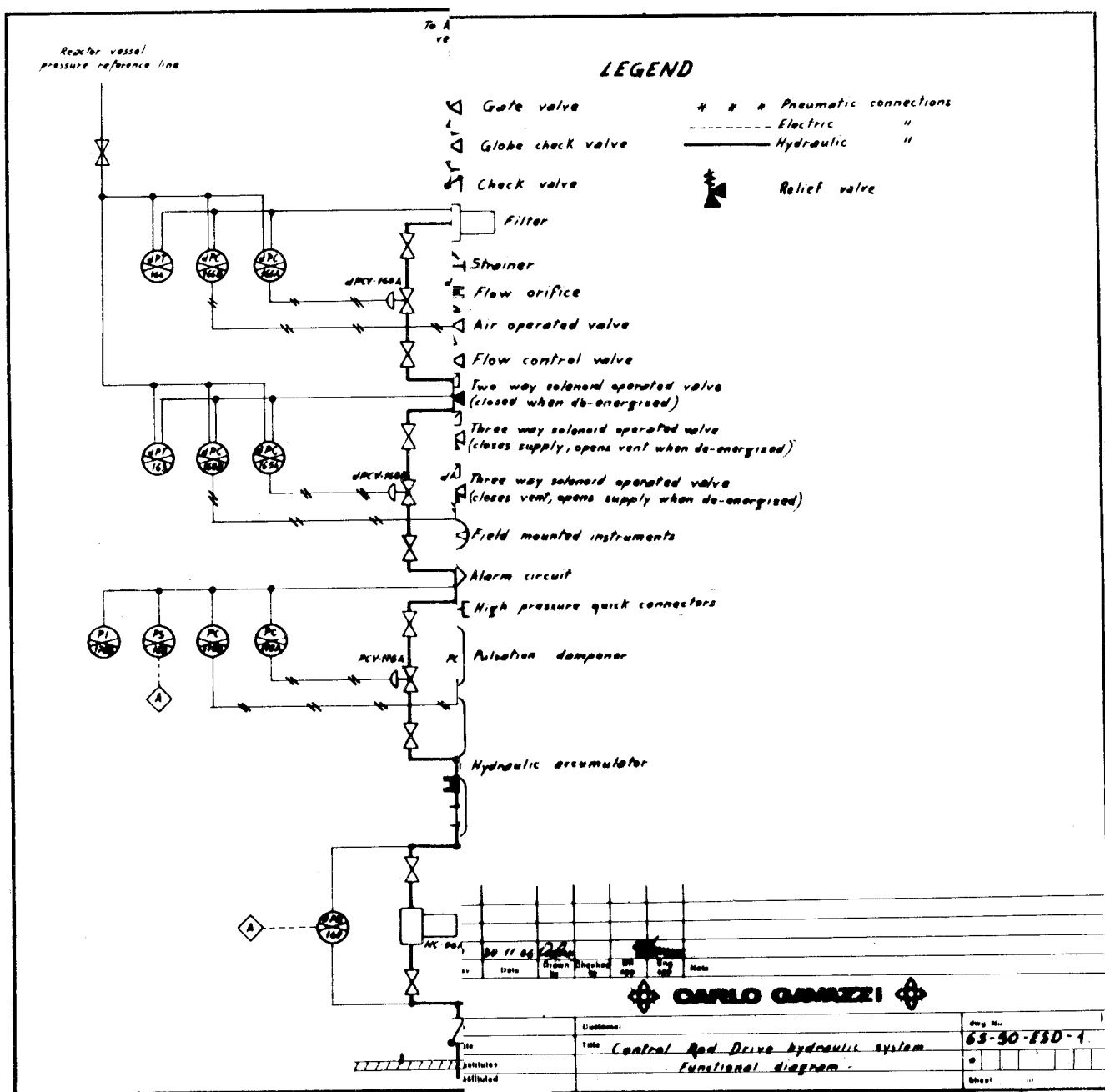
These thermal stresses may act in such a way that not only a change in the "Thimble flanges" flatness, but also a shift from the horizontal plane may be achieved. Both have to be checked and kept within very restrictive limits.

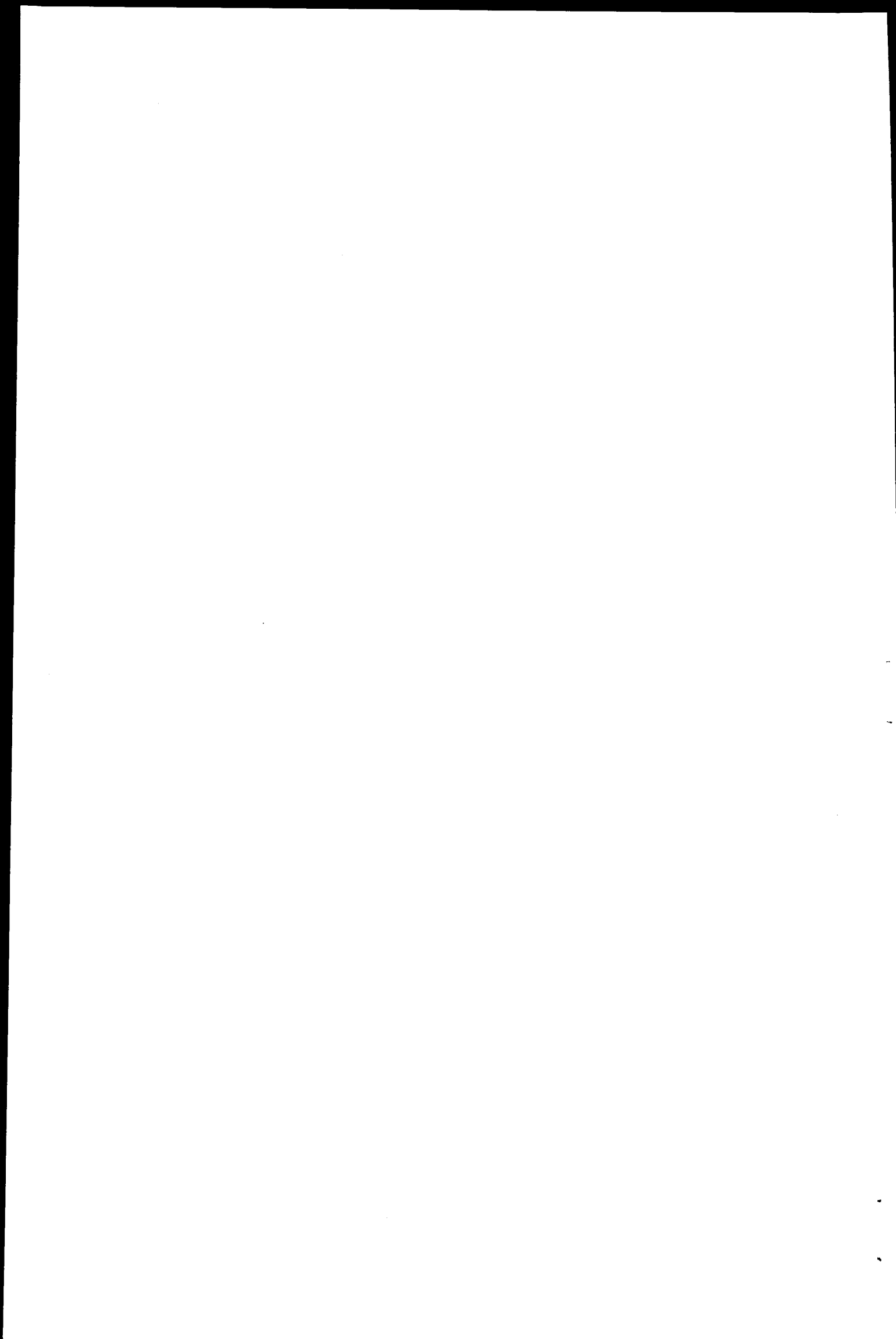
Considering that these welds can hardly be repaired after reactor start-up due to the fact that the inside of the "Thimble flanges" the ambient might become radioactive, even the smallest defect on these welds is not allowed.

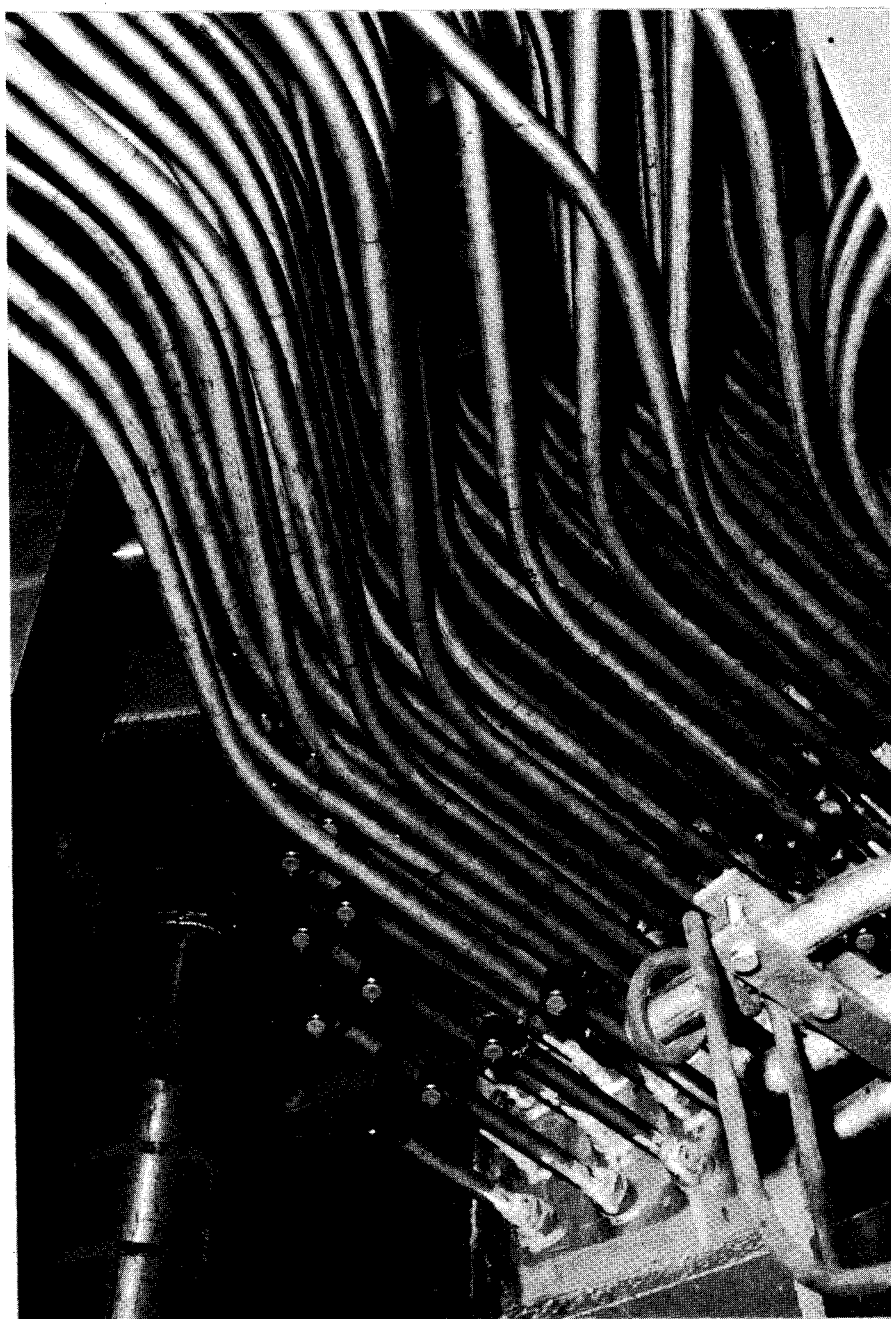
For this reason the physical conditions and the ability of the welder will be controlled every day during the performance of these weldings.

He will have to weld during the day test pieces, shaped exactly like the thimble flanges weldings, that will give on idea of the quality of his constitution.

Also very extensive qualification test must be made.







Doorvoering hydraulische leidingen voor
de aandrijving regelstaafmotoren met aan-
gelaste leidingen.

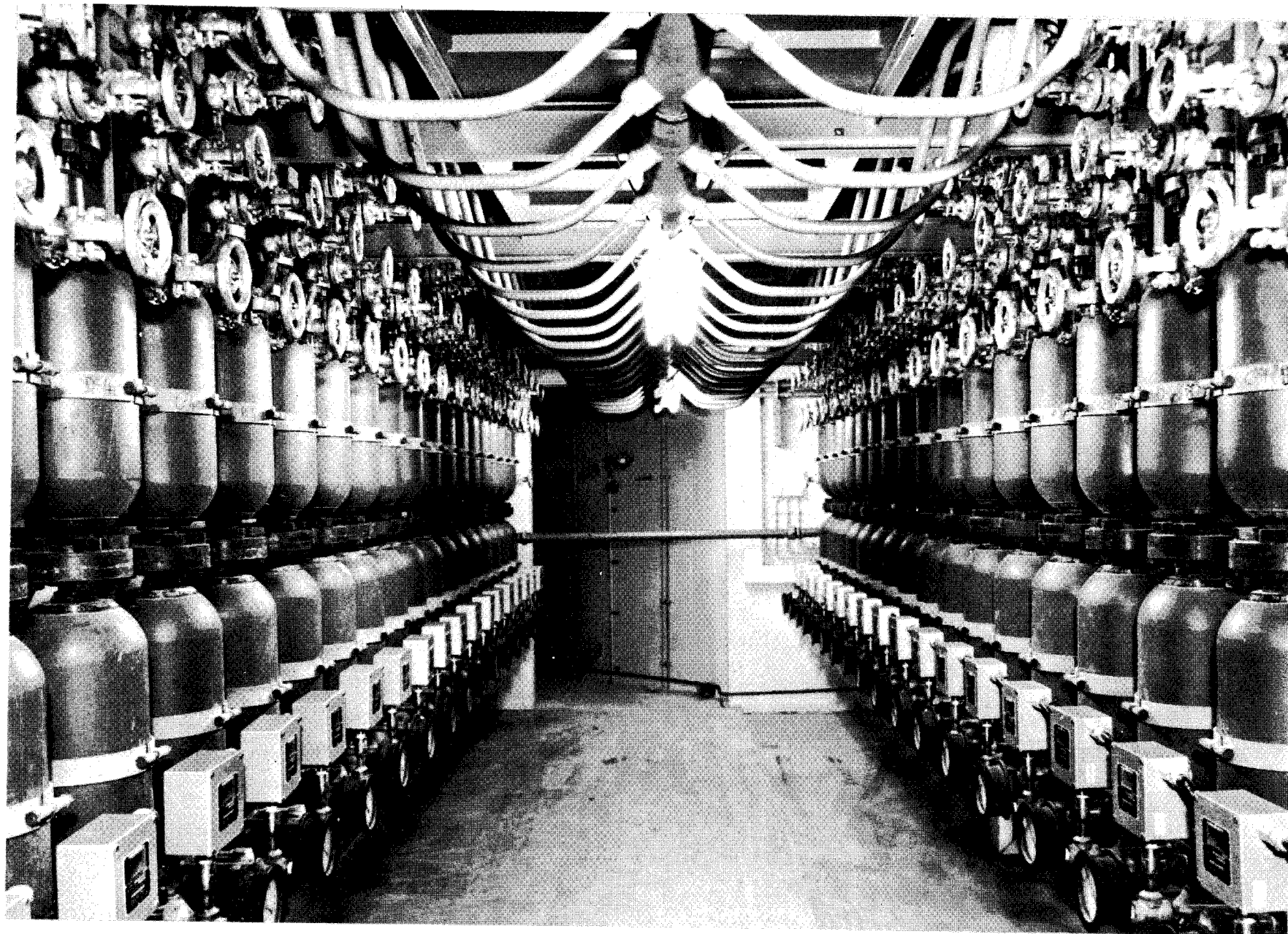


Foto Carlo Gavazzi. Opstelling van de modules.

BIJLAGE V

1.

DE VOLGENDE PROCEDURES WERDEN GESCHREVEN:

- Werking noodcondensor;
- bepaling van de warmteverliezen;
- bepaling van de recirculatiestroom;
- evaluatie van het thermo-hydraulisch gedrag van de kern;
- bepaling van de fraktie meegesleurde stoom;
- de geïstrumenteerde bundel;
- metingen in het valkanaal;
- calibratie van de inwendige splijtstofkamers;
- bepaling van de axiale vermogensverdeling;
- bepaling van de vermogensverdeling;
- standaardprocedures;
- check out and initial calibration of the nuclear instruments;
- laden van de reaktor;
- minimum kritische kern;
- control system worth test;
- shutdown reactivity margin test;
- startup control rod pattern and instrument response test. Approach to cold criticality, part 1;
- installation of operational neutron sources and transfer of neutron detectors;
- shutdown reactivity margin test with operational core configuration;
- startup control rod pattern and instrument response test. Approach to cold criticality, part 2;
- heat up and power calibration;
- startup control rod pattern and instrument response test. Heating to rated temperature;
- Power response to reactivity additions;
- temperature coefficient of reactivity;
- final power calibration of the out of core instruments;
- startup control rod pattern and instrument response test. Approach to full power;
- control rod pattern exchange;

BIJLAGE -VI

1.

BEHANDELDE ONDERWERPEN BIJ G.E. CURSUS.

G.E. Training Course for Reactor Operators.

onderwerpen: Materials

Maintenance

Containment Design Criteria

Control Rod Drives

Nuclear Analysis

Reactor Chemistry

Operating and Control Characteristics

Duur: \pm 10 weken vanaf 13 februari.

G.E. Fuel Management Course.

5 juni - 25 augustus.

Onderwerpen: Initial Plant Startup Testing

Control Rod Pattern Development

Power Distribution Measurement

On-line Computer Application

Optimization & Control of Power Distributions

Calibration of the LPRM System

Control Rod Oscillator

Power Distribution Calculations

Core Power Response to Rods and Flow

Cycle Length Prediction

Core Thermal Performance Evaluation

Rod Worth Minimizer

Fuel Exposure & Isotopic Accounting

Control Rod Exposure & Chamber Sensitivity

Fuel Failure Analysis

Refueling Outage Preparations & Activities

Fuel Cycle Economics

Nuclear Materials Management

Fuel Manufacturing Quality Control

Spent Fuel Handling and Reprocessing.

G.K.N. ARNHEM

BIOLOGISCH SCHILD

KERNENERGIE CENTRALE
DODEWAARD

JAAR

1967

KALENDERMAANDEN

AUGUSTUS

SEPTEMBER

OCTOBER

NOVEMBER

DEC.

KALENDERWEEKEN

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31

UITVOERING

BIOLOG. SCHILD

VAN 13.04 TOT 19.04

VAN 19.04 TOT 25.04

VAN 25.04 TOT 28.00

VAN 28.00 TOT 29.48

VAN 29.48 TOT 31.00

VAN 31.00 TOT 36.00 *

ONDER 36*
ONTKRIST

BULAGE VII

4.8.67



BIJLAGE VIII

1.

LIJST VAN ADVIESBUREAUS, LEVERANCIERS ETC.

Overzicht per 31 december 1967 van de bij de bouw van de kernenergiecentrale te Dodewaard betrokken belangrijkste leveranciers e.d.

Naam en woonplaats

Te leveren object of te verlenen diensten

Civiel technisch

Ingenieursbureau Dwars, Heede- Verzorging van civiele
rik en Verhey N.V., werken
Amersfoort

J. de Gruyter, H.B.O. Bouwkundig ontwerp
Architect B.N.A.
Centraal Bureau der V.D.E.N.,
Arnhem

Bataafsche Aanneming Alle bouwkundige werkzaam-
Maatschappij N.V., heden
Arnhem

N.V. Dikkerboom en Sybrandy, Grondwerkzaamheden
Heerenveen

Gebr. Emmen, Schilderwerk
Arnhem

Nationale Staal- en Aluminium- Staalconstructies
industrie N.V.,
De Steeg

N.V. tot Aanneming van werken Heiwerkzaamheden
v/h H.J. Nederhorst,
Gouda

Robertson Nederland N.V., Gevelbeplating
Bussum

Fa. A. Verhagen, Uitmonding koelwaterkanaal
Breda.

Instrument-technisch

ELECTRON elektronische instal- Proces instrumentatie
latie afdeling der N.V.
Machinefabriek "Breda",
Breda

International General Electric Kernfysische instrumentatie,
Operations S.A., know how
Genève

N.V. Philips' Gloeilampen- Procesbewakingsapparatuur
fabrieken, Neutronenfluxmeetapparatuur
Eindhoven Overige instrumentatie

BIJLAGE VIII

2.

Elektrotechnisch

| | |
|----------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| N.V. Daarnhouwer en Co., Mijdrecht | Noodgenerator |
| N.V. Elektromotorenfabriek "Dordt", Dordrecht | Draaistroommotoren |
| Elektriciteits Mij. Electrostoom N.V., Rotterdam | 10 kV-Railverbinding |
| N.V. Hazemeyer, Hengelo (O) | Hoogspanningsinstallatie Laagspanningsinstallatie |
| N.V. Nederlandsche Kabelfa- brieken, Delft | Kabels |
| N.V. Elektrotechnische Industrie v/h Willem Smit en Co., Slikkerveer | Turbogenerator |
| Willem Smit en Co's Elektrotechnische Fabrieken N.V., Nijmegen | Transformatoren |
| N.V. Installatiebedrijf Gebr. Van Swaay, 's-Gravenhage | Licht- en krachtinstallatie |

Werktuigkundig

| | |
|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| Alpha-Engineering N.V., Beverwijk | Ontwerp van installaties afvalgebouw |
| Apparaten- en Ketelfabriek Den Haag N.V., Goes | Warmtewisselaars |
| N.V. Kon.Ned.Machinefabriek E.H. Begemann, Helmond | Brandblusinstallatie Diverse pompen |
| Bronswerk-Fijenoord N.V., Amersfoort | Centrale verwarmingsinstal- latie. Ventilatie-installatie |
| Byron Jackson N.V., 's-Gravenhage | Voedingspompen |
| Carlo Gavazzi Nederland N.V., Amsterdam | Hydraulisch systeem regel- staafaandrijving |
| N.V. Comprimo, Amsterdam | Warmtewisselaars, noodcon- densor en indamper |
| Conrad en Stork Hjsch N.V., Haarlem | Kranen in turbine- en reak- torgebouw |
| G. Dijkers & Co., N.V., Hengelo (O) | Afsluiters |

BIJLAGE VIII

3.

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------|
| Dorr Oliver N.V., Amsterdam | Hydrocycloon batterijen |
| Duper Waterreiniging N.V., Amsterdam | Demin.installatie |
| N.V. Heemaf Hengelo (O) | Splijtstofwisselbordes Diverse motoren |
| N.V. Hollandse Signaalappa- raten, Hengelo (O) | Regelstaafaandrijving en regelstaven |
| N.V. Leidsche Apparatenfabriek Leiden | Splijtstofopslagbassin |
| Machinefabriek Gebr. Kwant N.V., Sneek | Precoatfilterinstallatie |
| Mannesmann-Rohrleitungsbau G.m.b.H., Düsseldorf | Verbindingspijpen drukver- effeningsvaten |
| Maschinenfabrik Augsburg- Nürnberg A.G., Gustavsburg | Turbinefundament |
| N.V. Nederlandsche Electrolasch Maatschappij, Leiden | Proefopstelling regelstaaf- aandrijvingen |
| N.V. de Plaatwellerij, Velsen-N | Wateropslag tanks |
| Rotterdamsche Droogdok Maatschappij N.V., Rotterdam | Reaktorvat en binnenwerk, stoomdroger, etc. |
| N.V. Rijnlandse Metaalbescher- ming Maatschappij, Leiden | Conservering drukvereffenings- installatie |
| N.V. G.B. Sanders & Zn., Enschede | Kleine kranen en rijdbare bokkraan |
| Machinefabriek Gebr. Stork en Co., N.V., Hengelo (O) | Turbine-installatie Condensorkoelwaterinstallatie |
| Technisch Bureau voor Water- zuivering Bedrijfs- & Afval- water, Utrecht | Koelwaterzuiveringsinstallatie |
| Werkspoor-Amsterdam N.V., Amsterdam | Splijtstofwisselbassin en twee waterdeuren |
| Werkspoor-Mannesmann combi- natie, Amsterdam | Pijpleidingsystemen |

BIJLAGE VIII

4.

Werkspoor-Utrecht N.V.,
Utrecht

Drukvereffeningsvaten
Reaktorkamer

Wescon N.V.,
Utrecht

Montage van het insluitings-
systeem, zwaar hijswerk

Wilfijn Constructie Mij., N.V.,
Rotterdam.

Montagewerkzaamheden etc.

Overige

Raadgevend Bureau Ir.B.W.
Berenschot N.V.,
Amsterdam

Planning

D. Hudig & Co.,
Rotterdam

Verzekeringen

N.V. tot Keuring van Elektro-
technische Materialen KEMA,
Arnhem

Keuringen van elektrotechnische
apparatuur e.d.

R. Mees & Zoonen,
Rotterdam

Verzekeringen

Reactor Centrum Nederland,
Petten.

Metingen betreffende de splijt-
stof

Splijfstofelementen

Euratom Voorzieningsagentschap Uranium
Brussel/A.E.C., Washington

NUKEM, Nuklear Chemie und
Metallurgie G.m.b.H.,
Hanau

Splijststoftabletten
Neutronenbronnen

N.V. Philips' Gloeilampen-
fabrieken,
Eindhoven.

Splijststofelementen

BIJLAGE IX

1.

MEDEWERKENDE FIRMA'S BIJ HET TOT STAND KOMEN VAN HET JAAR-
VERSLAG.

Naast de G.K.N. medewerkers hebben de hierondergenoemde firma's:

Alpha-Engineering,

Carlo Gavazzi,

Comprimo,

Ingenieursbureau Dwars, Heederik en Verhey N.V.,

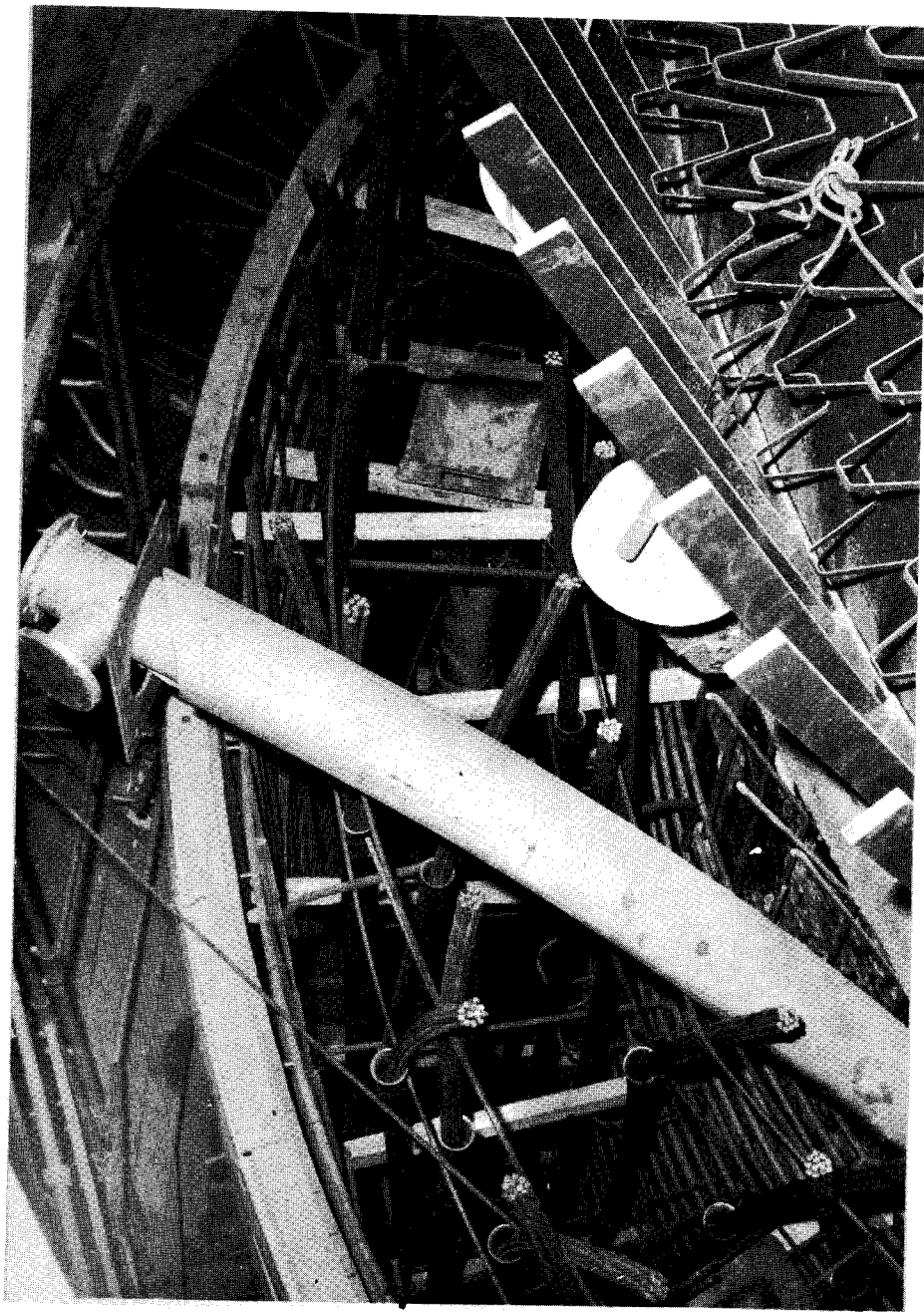
Duper Waterreiniging N.V.,

Electron,

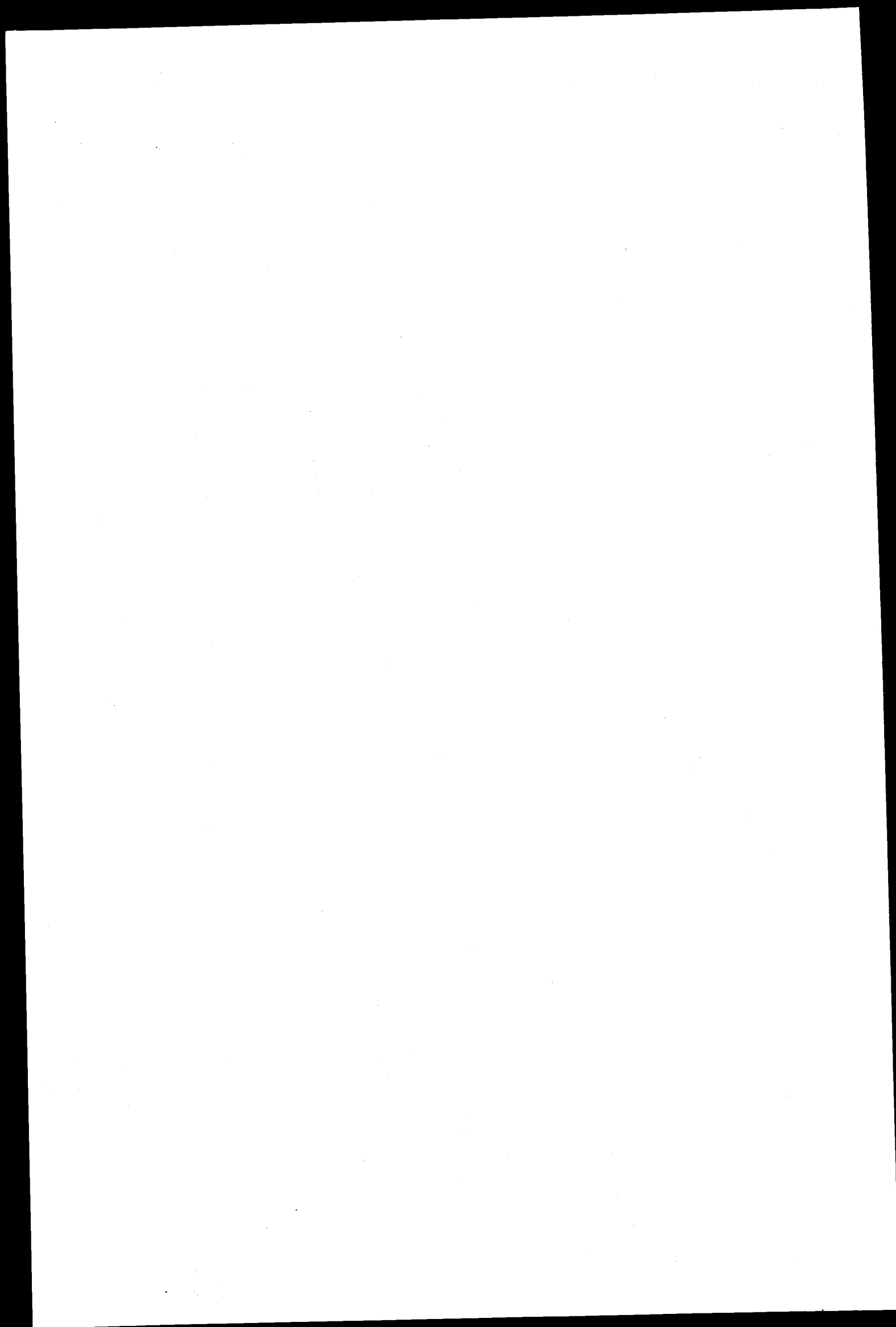
een waardevolle bijdrage geleverd tot het tot stand komen van dit jaarverslag, waarvoor wij hierbij onze dank betuigen.



Figuur 1. Ten einde een horizontale beweging in het biologisch schild mogelijk te maken zijn op niveau + 19.04 m opleggingen van grafietblokken gemaakt.



Figuur 2. Bovenzijde biologisch schild
met uitmonding voorspankabels.





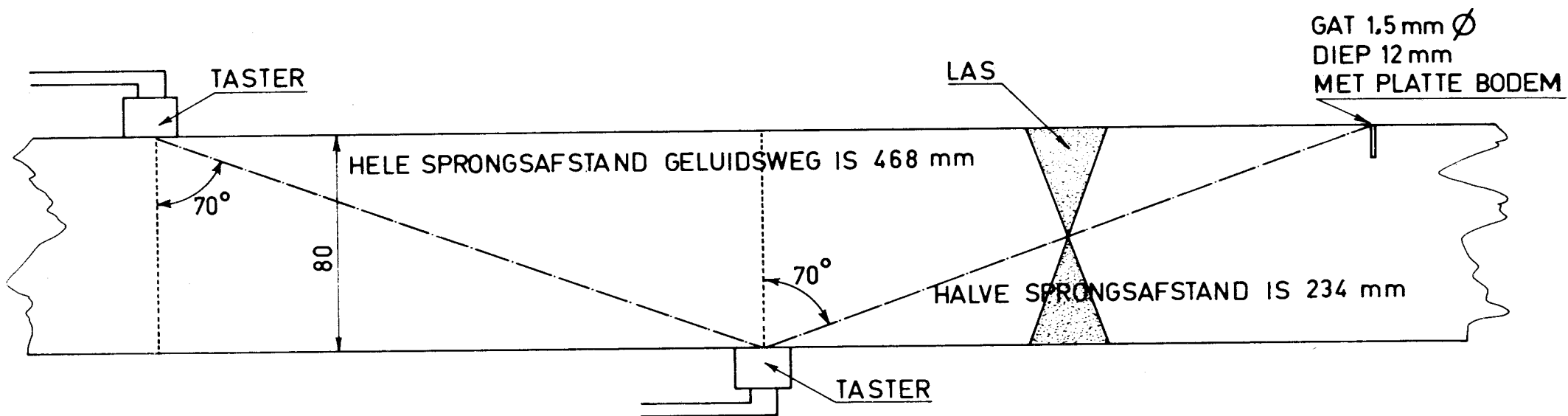


FIG. 4. IJKING GEVOELIGHEID 70° TASTER.

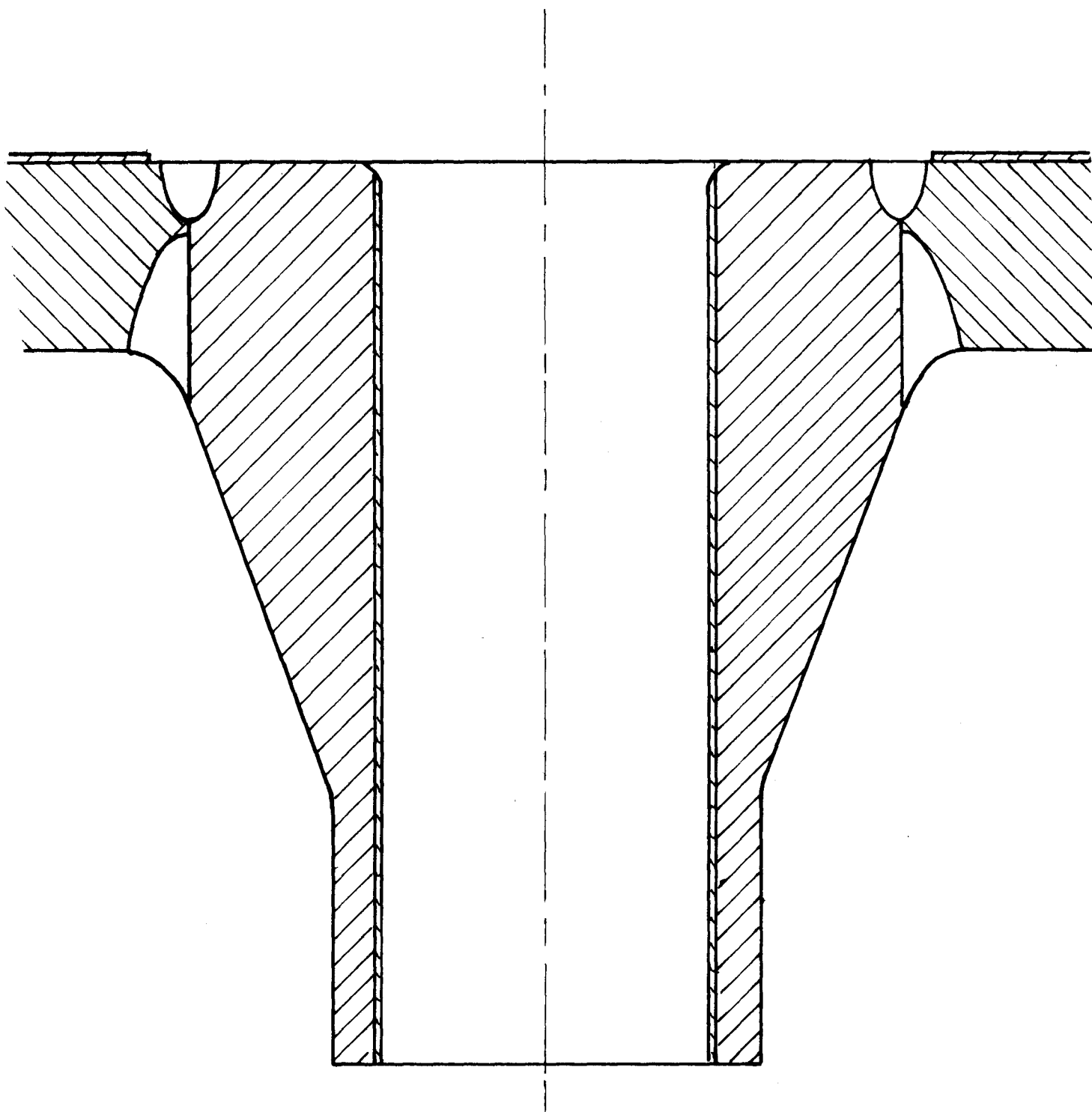
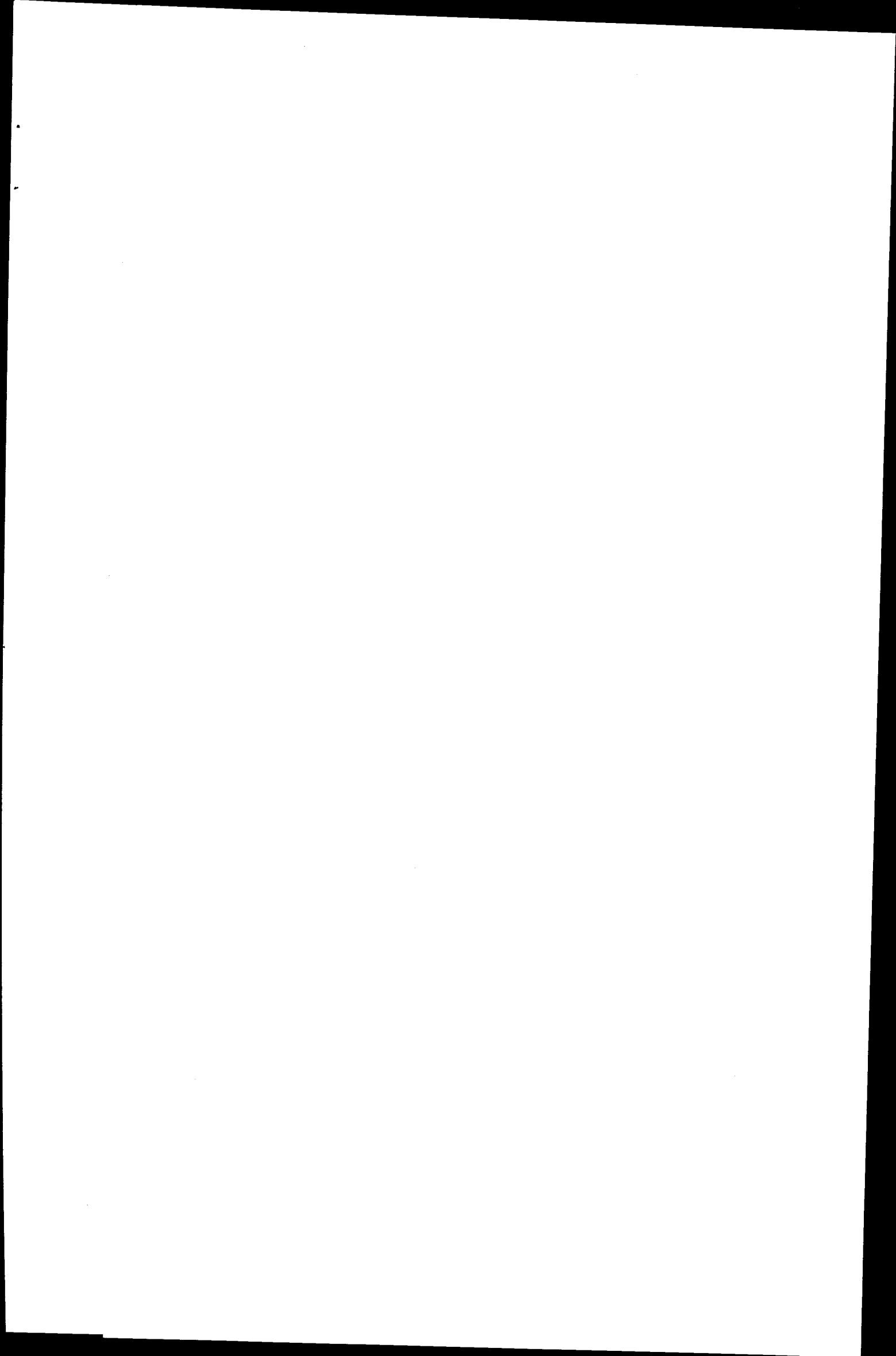
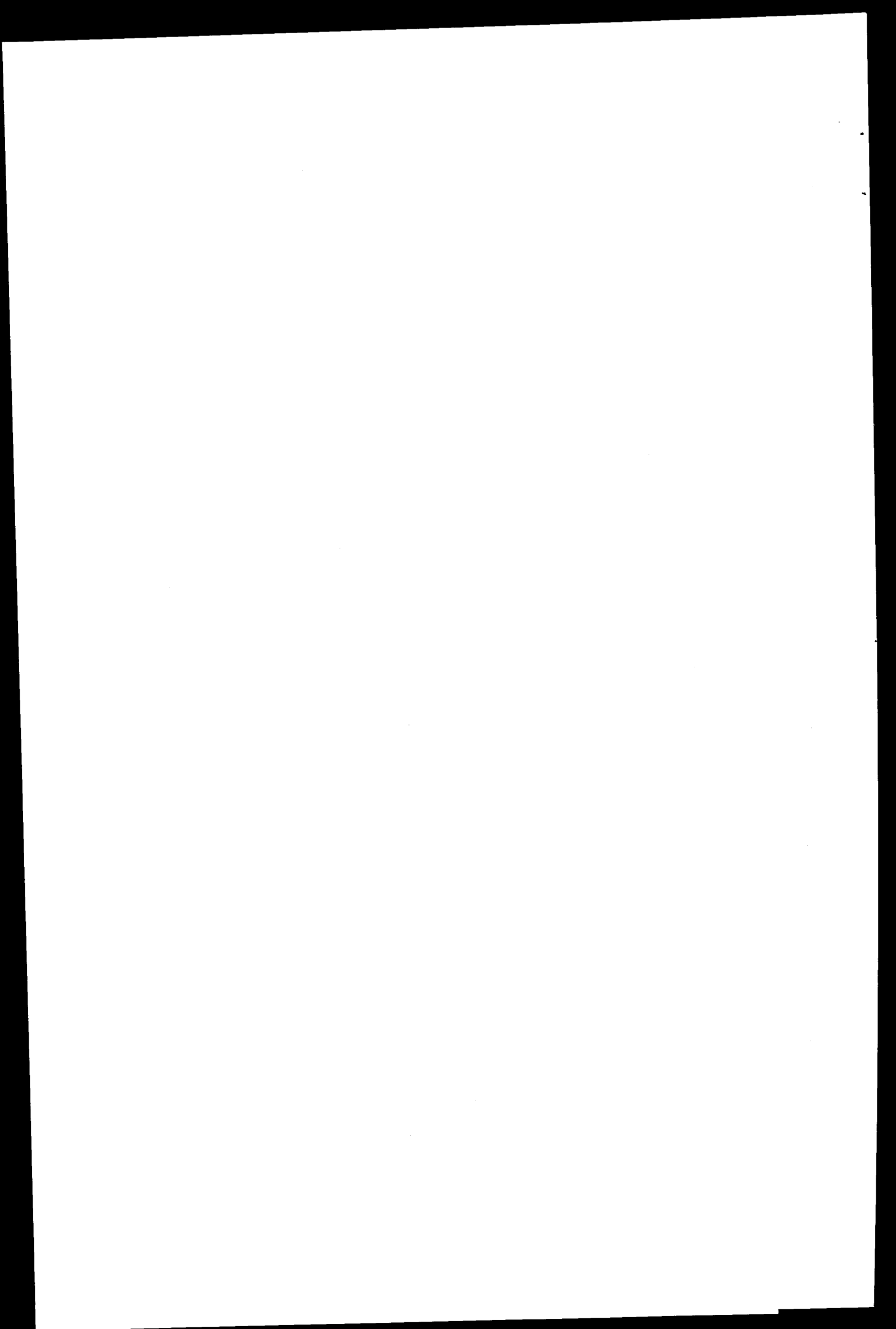


fig. 5

STOMPEN IN REACTORVAT





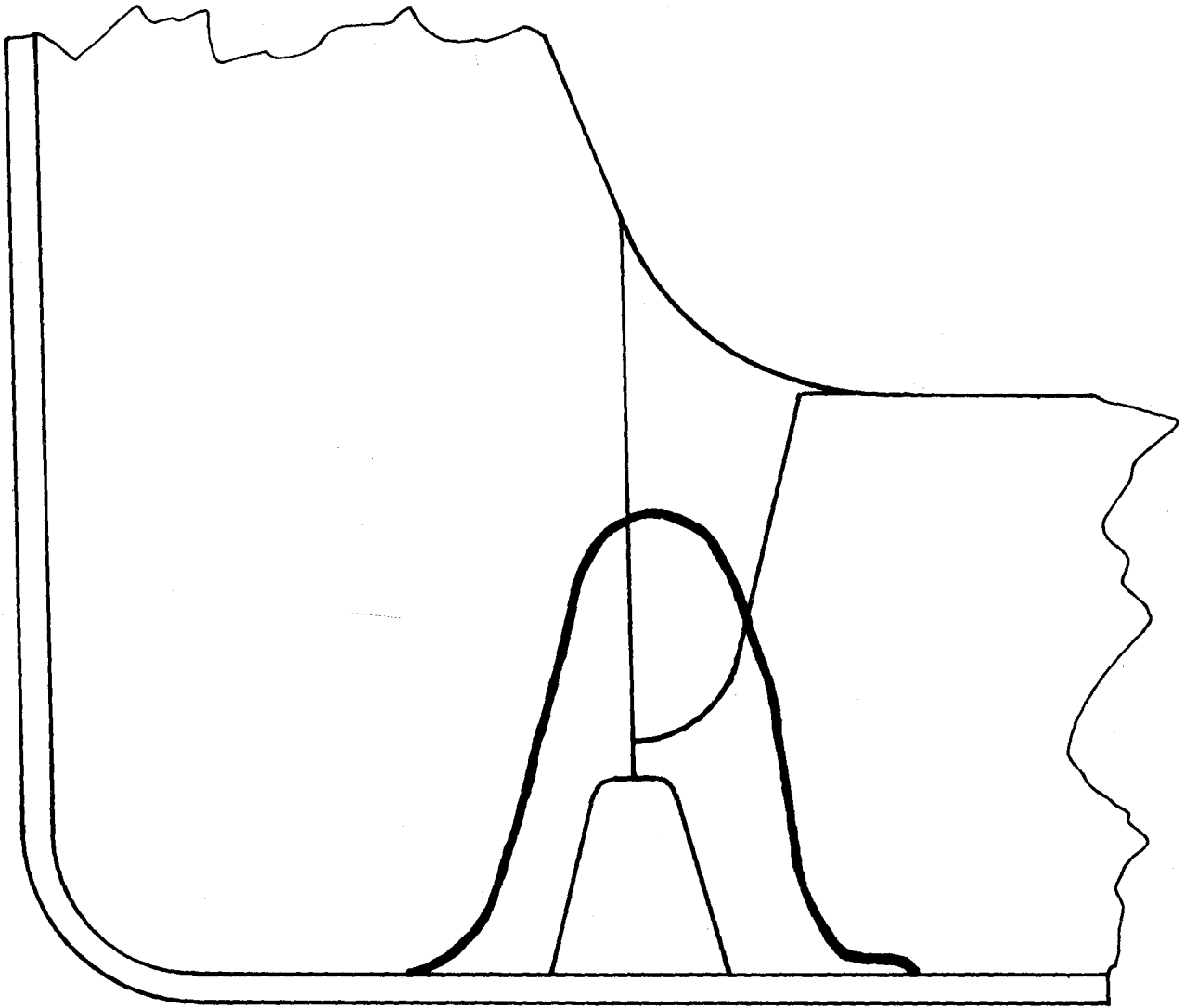
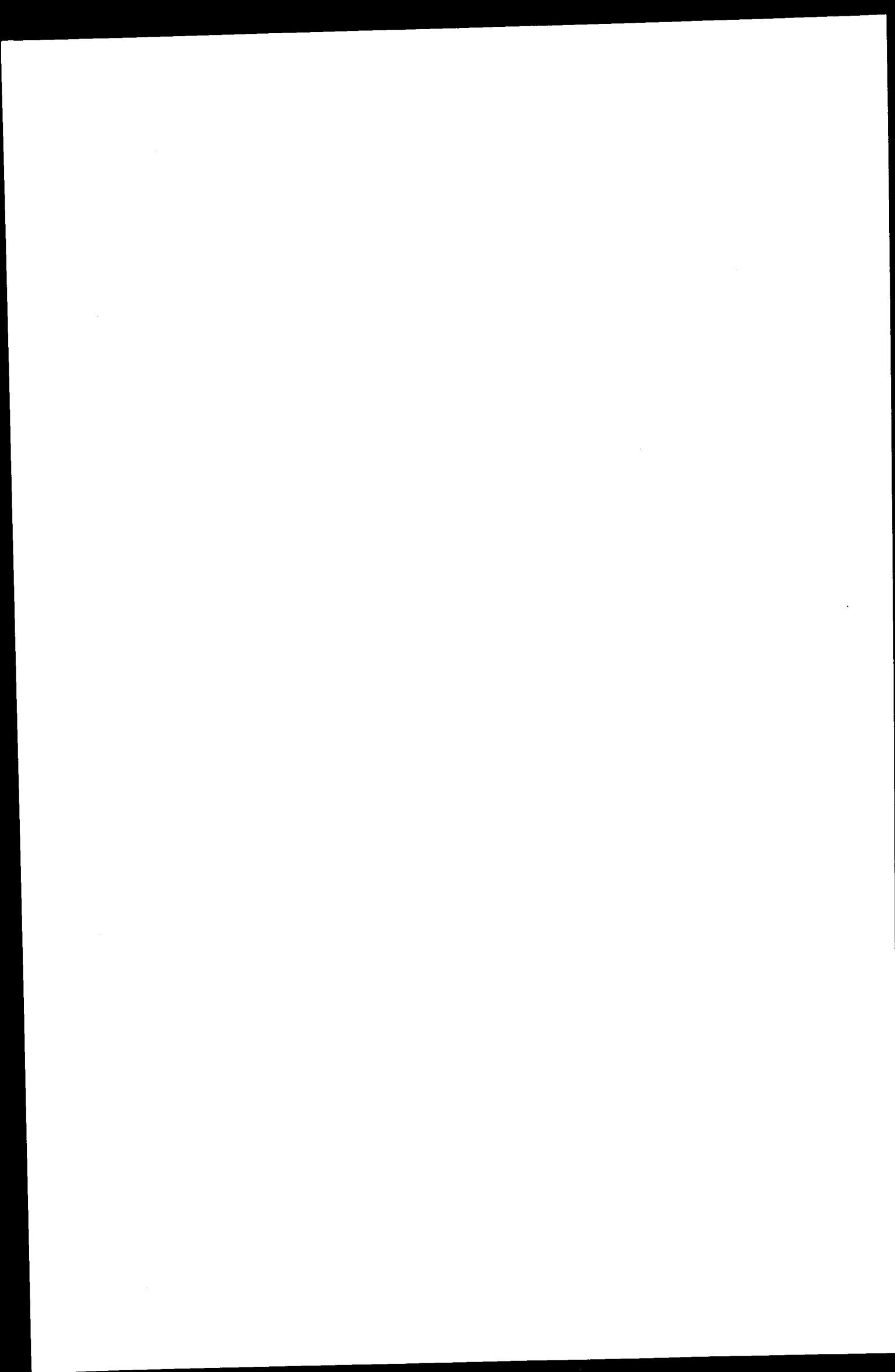
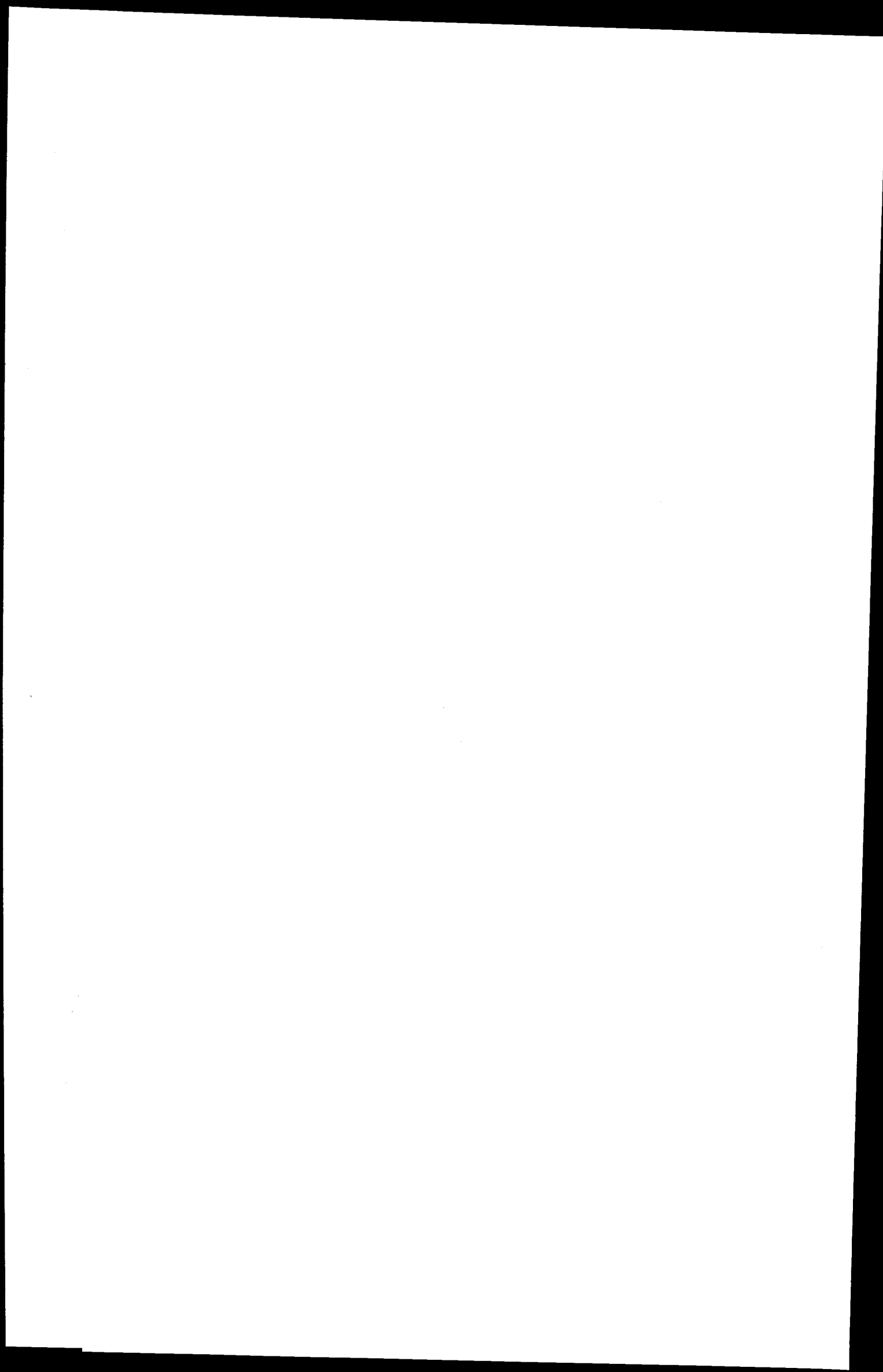


FIG. 7.

LASVORM NA 3 REPARATIES.







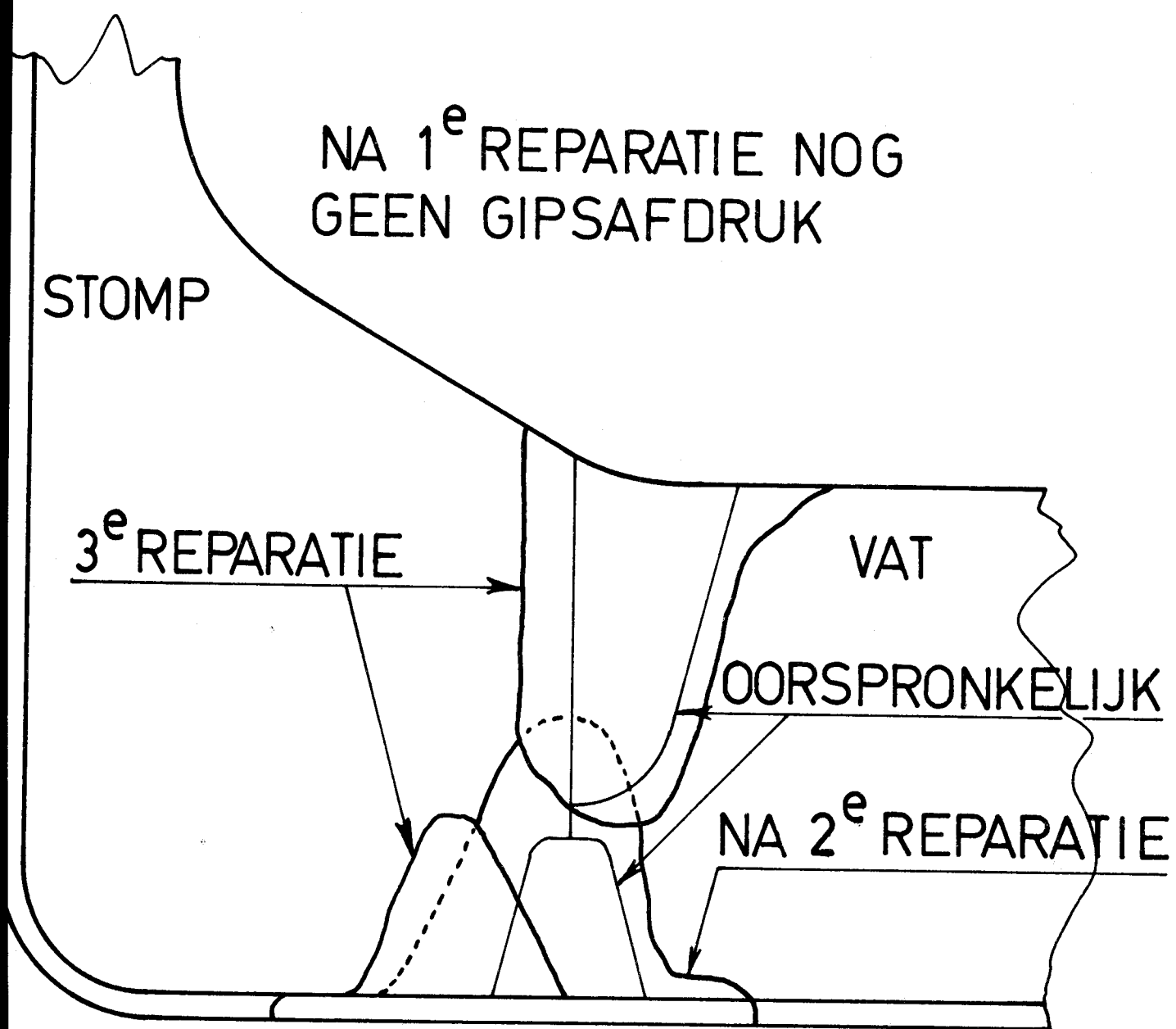


FIG. 9.

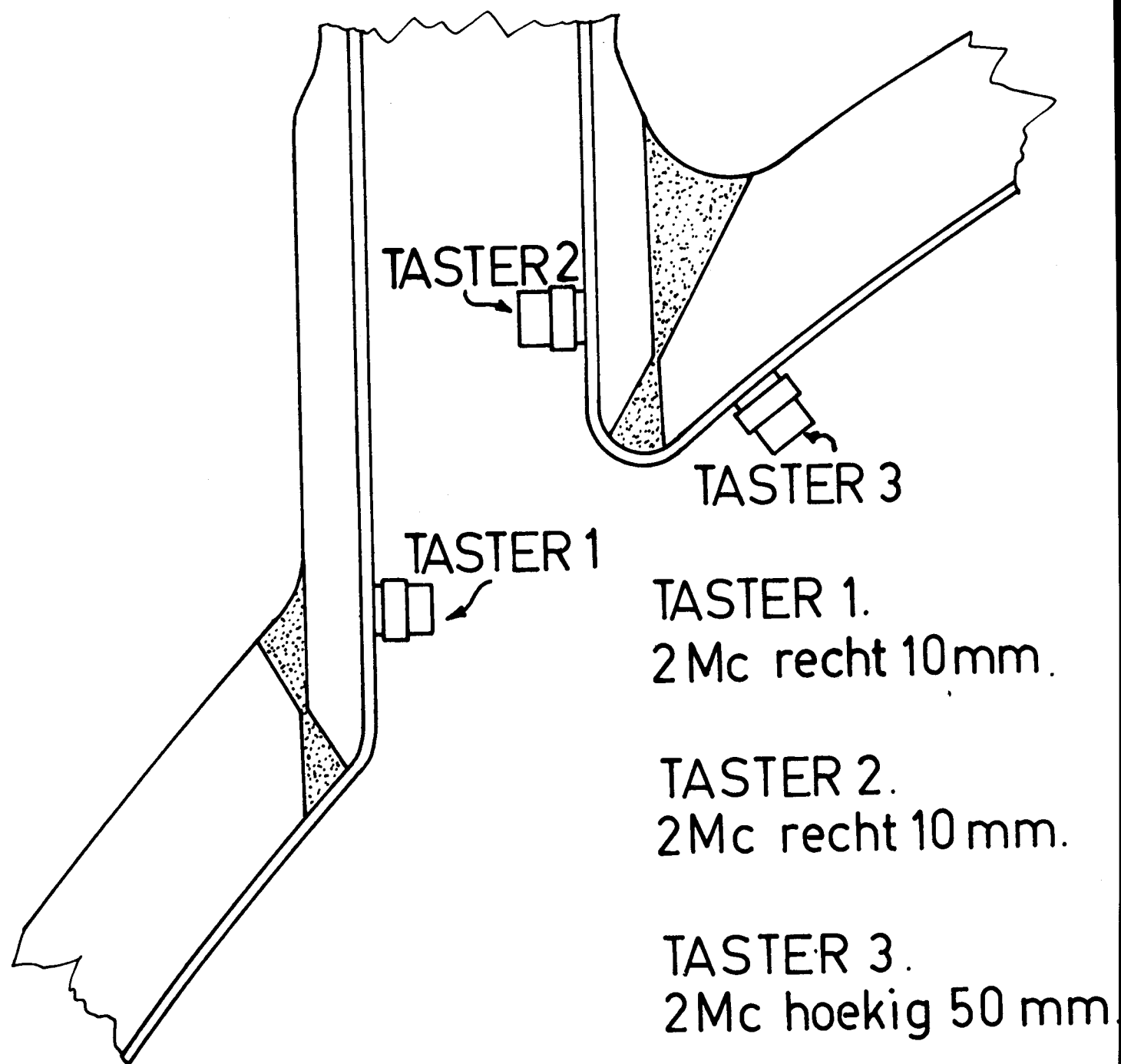
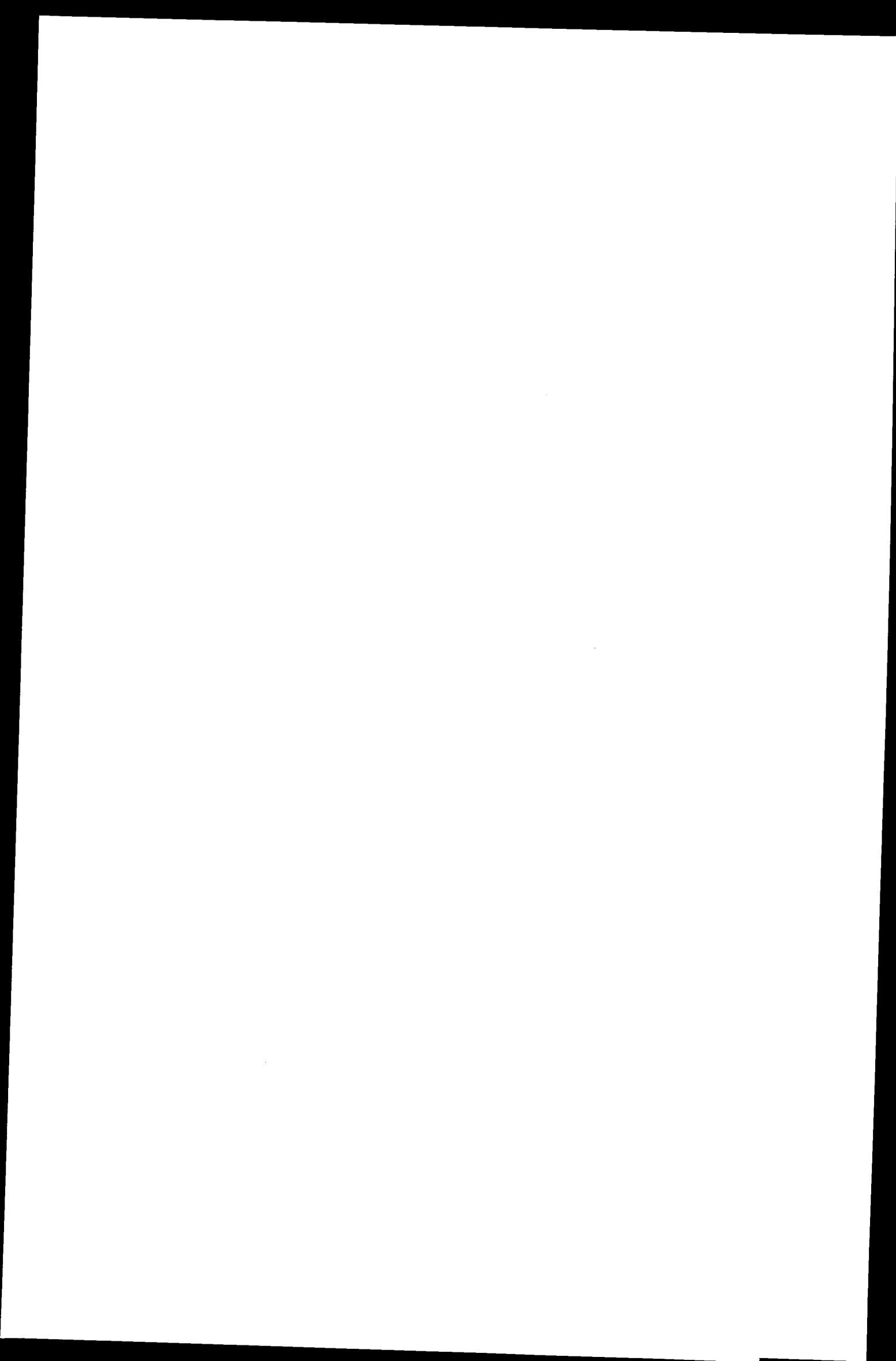
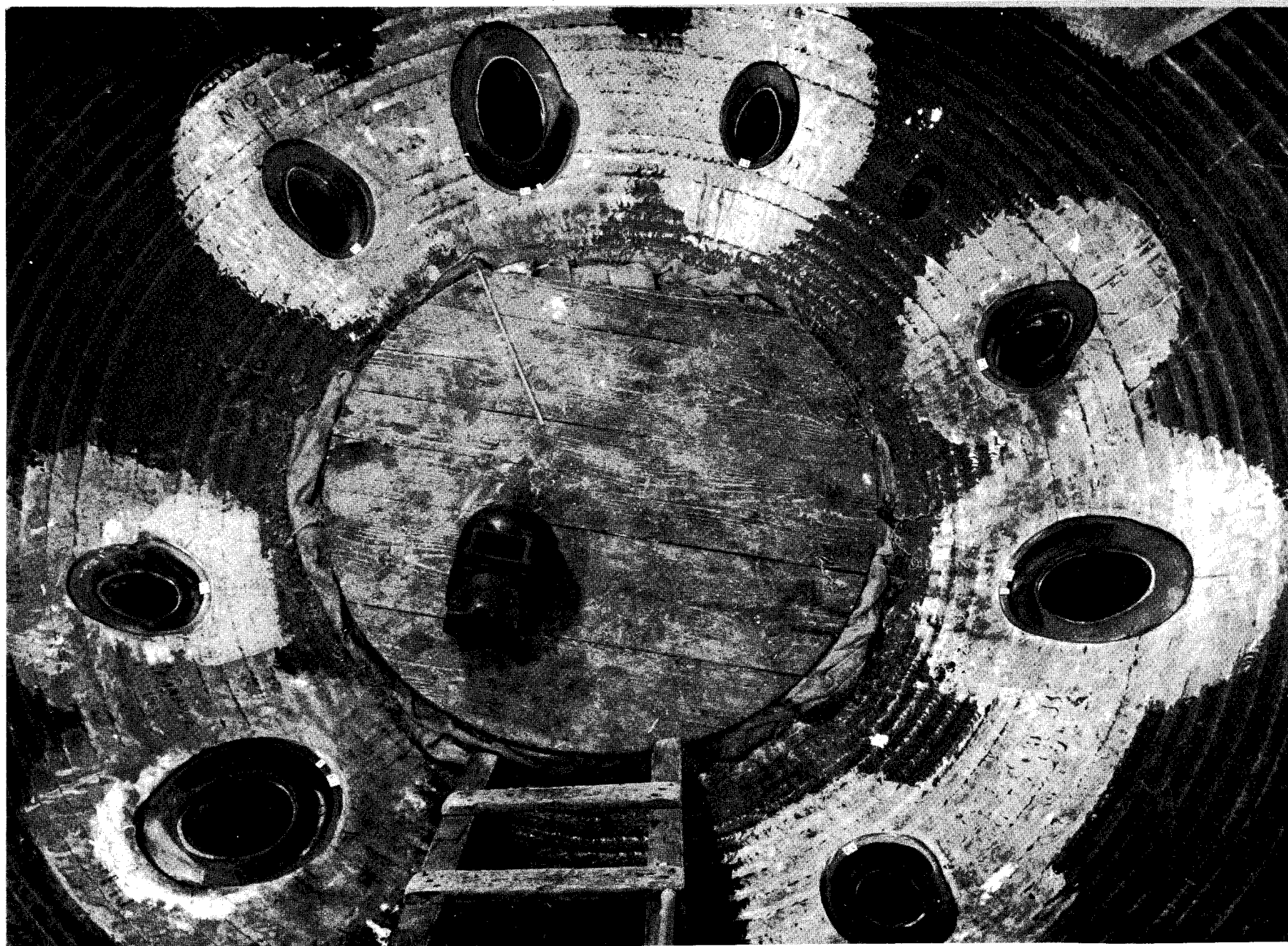
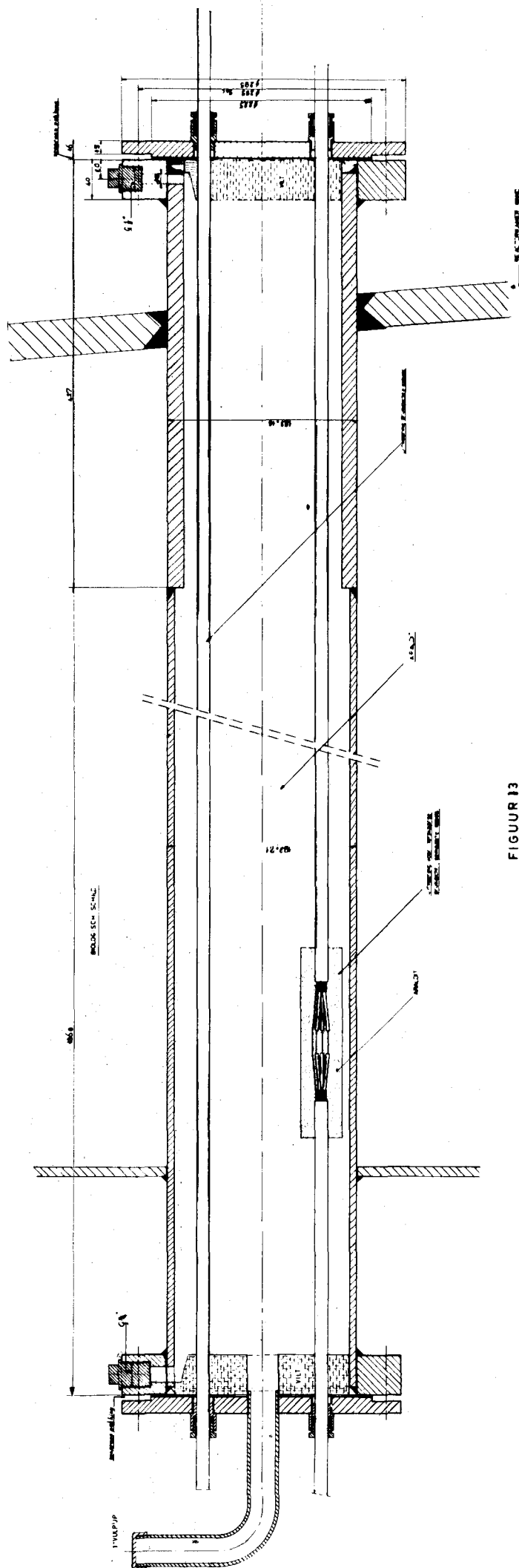


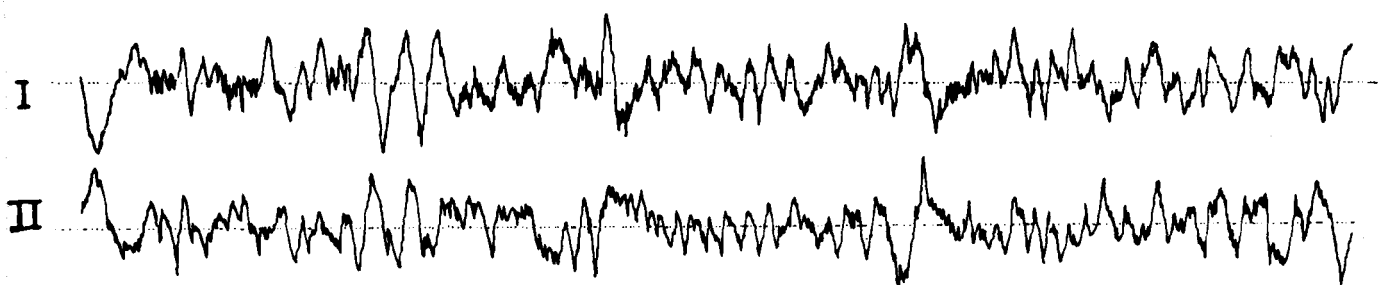
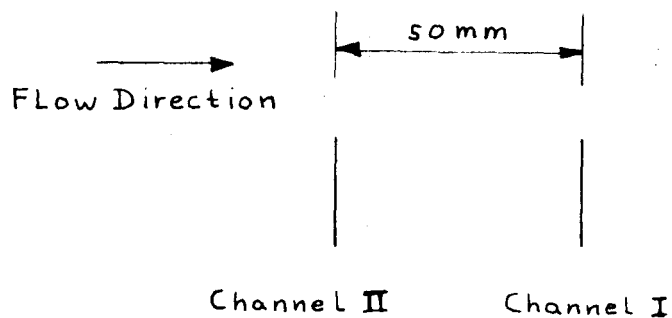
FIG.10. LASNAADVORM EN TASTERPOSITIE
STOMPVERBINDINGEN
REAKTORVATDEKSEL.





Figuur 12. Overzichtsfoto van de reparatielassen aan de dekselstompen.





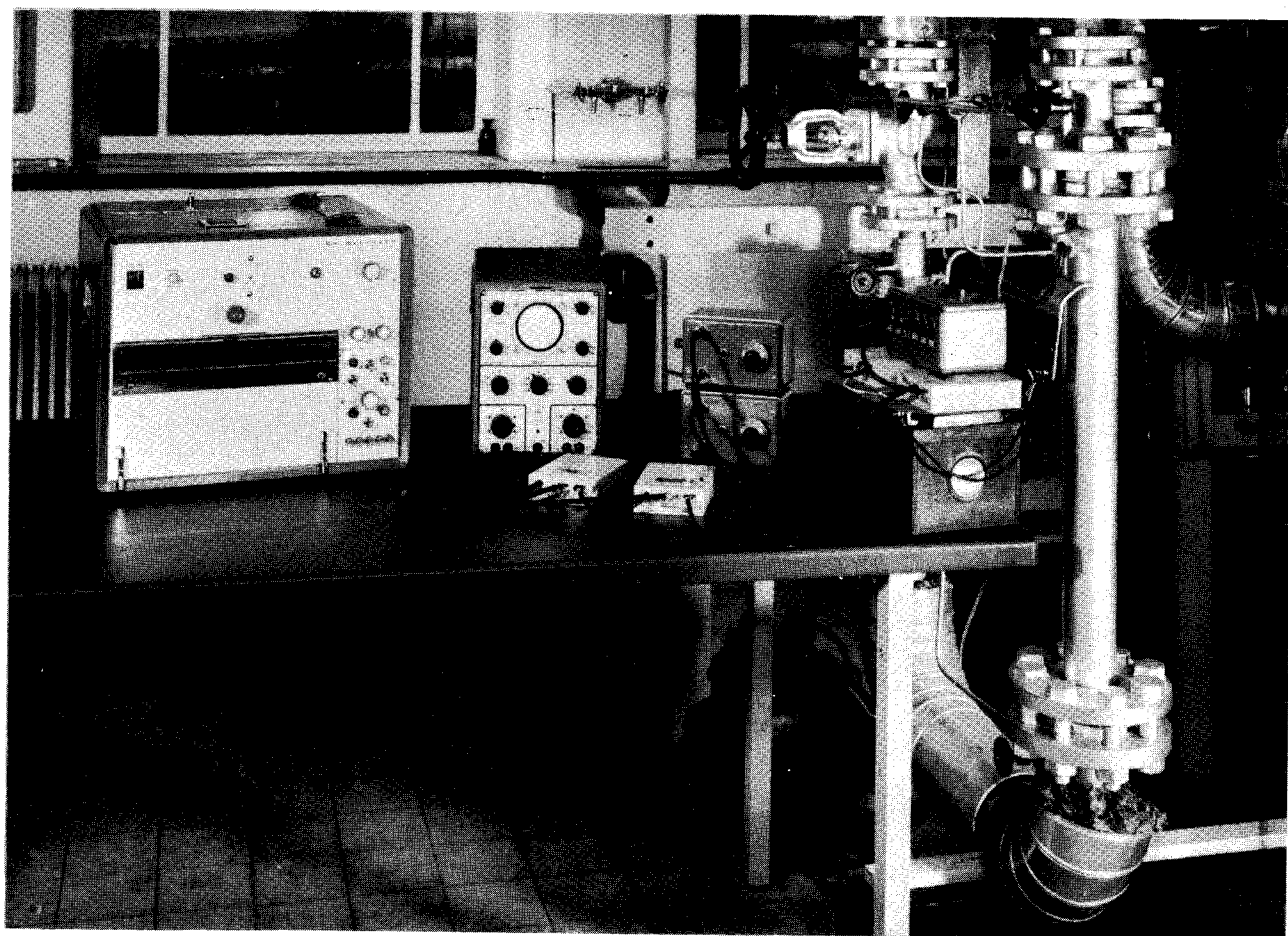
Speed of paper: 10mm/sec

→ time

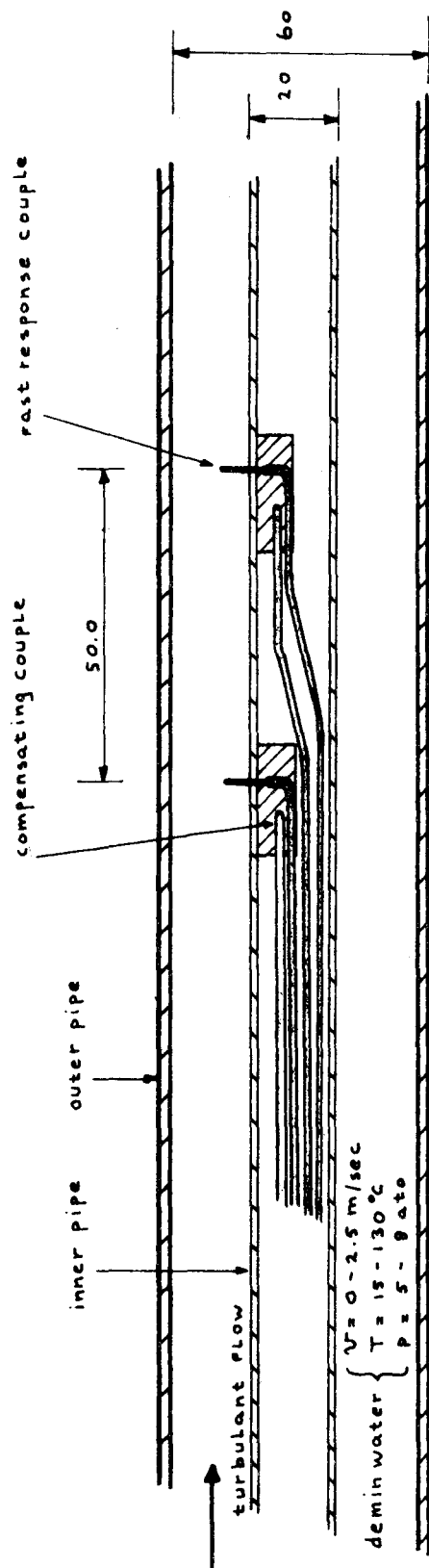
Water velocity: 37.6 cm/sec

fig. 14.

| | | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|---------------|---------------|--|
| Benaming | | | | |
| Noise registrated by U.V. recorder | | | Formaat | |
| N.V. Gemeenschappelijke Kernenergiecentrale Nederland <small>Auteursrecht voorbehouden volgens de wet</small> | Schaal | Gecontroleerd | A4 | |
| | Getekend | Gezien | Rangschikmerk | |



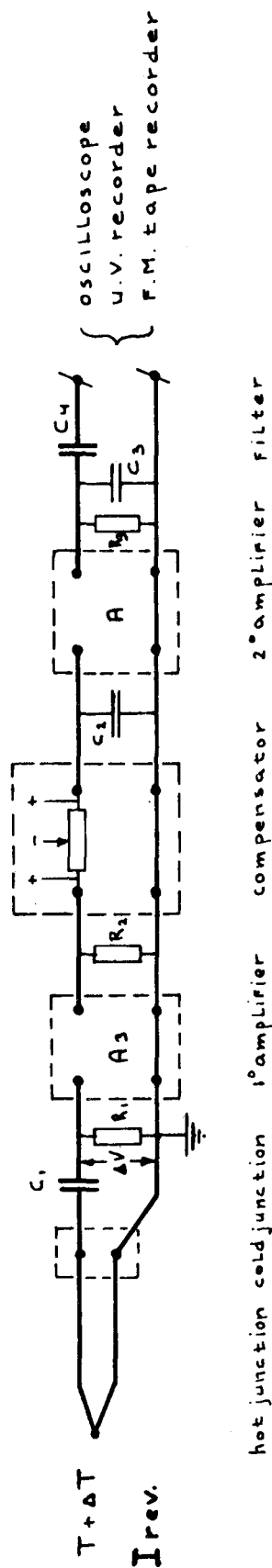
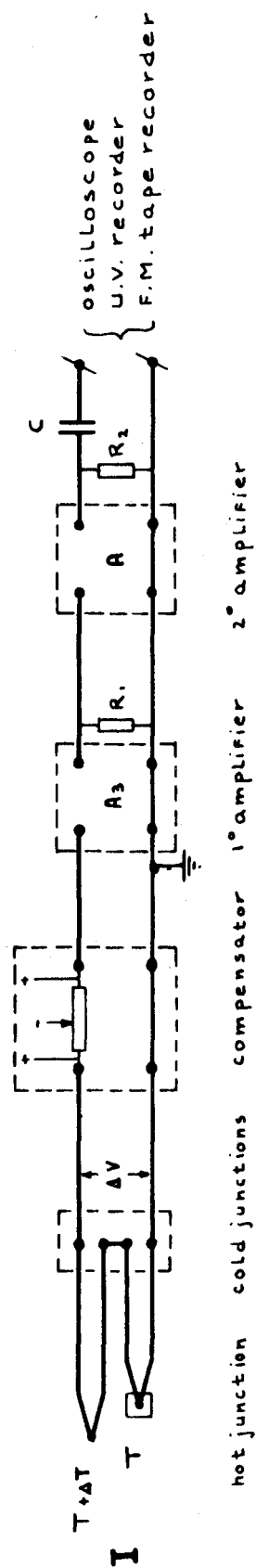
Figuur 15. Experimentele thermokoppel meetopstelling.



Fast Response Couple: Cr/Al conductors, Inconel sheath 1mm o.d. swaged down to .5mm
 at hot junction end, Al_2O_3 insulant, response in turbulent flowing water
 $\approx 20 \text{ msec}$

fig.16.

| | | | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|---------------|---------------|------|
| Benaming | | | | |
| Thermocouple Measuring Arrangement | | | Formaat | K.T. |
| N.V. Gemeenschappelijke Kernenergiecentrale Nederland Auteursrecht voorbehouden volgens de wet | Schaal | Gecontroleerd | A4 | |
| | Getekend | Gezien | Rangschikmerk | |



Water velocity = $\frac{5.0}{.132} = 37.9 \text{ cm/sec}$

According to "Brooks" Flowmeter

37.6 cm/sec

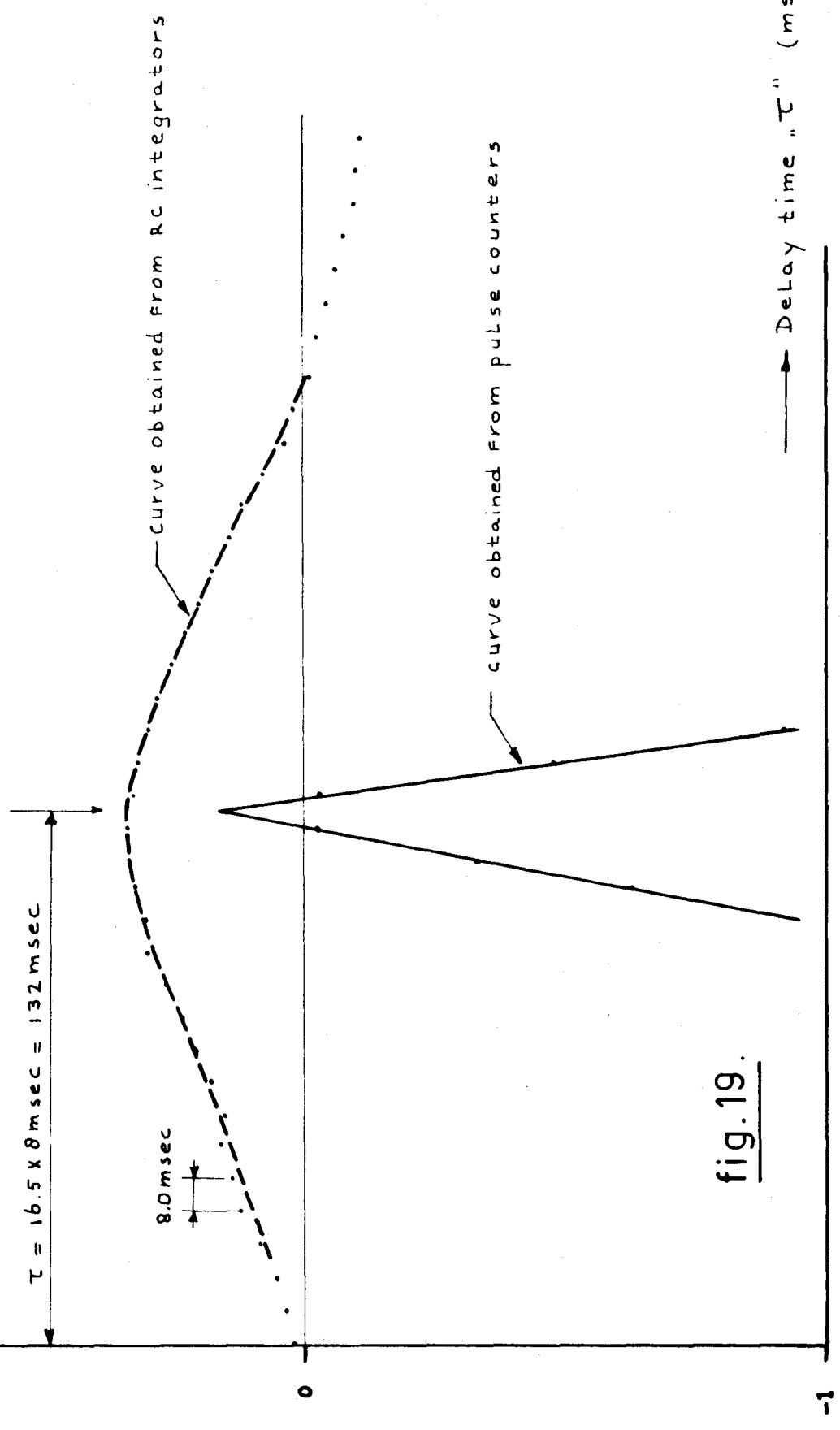
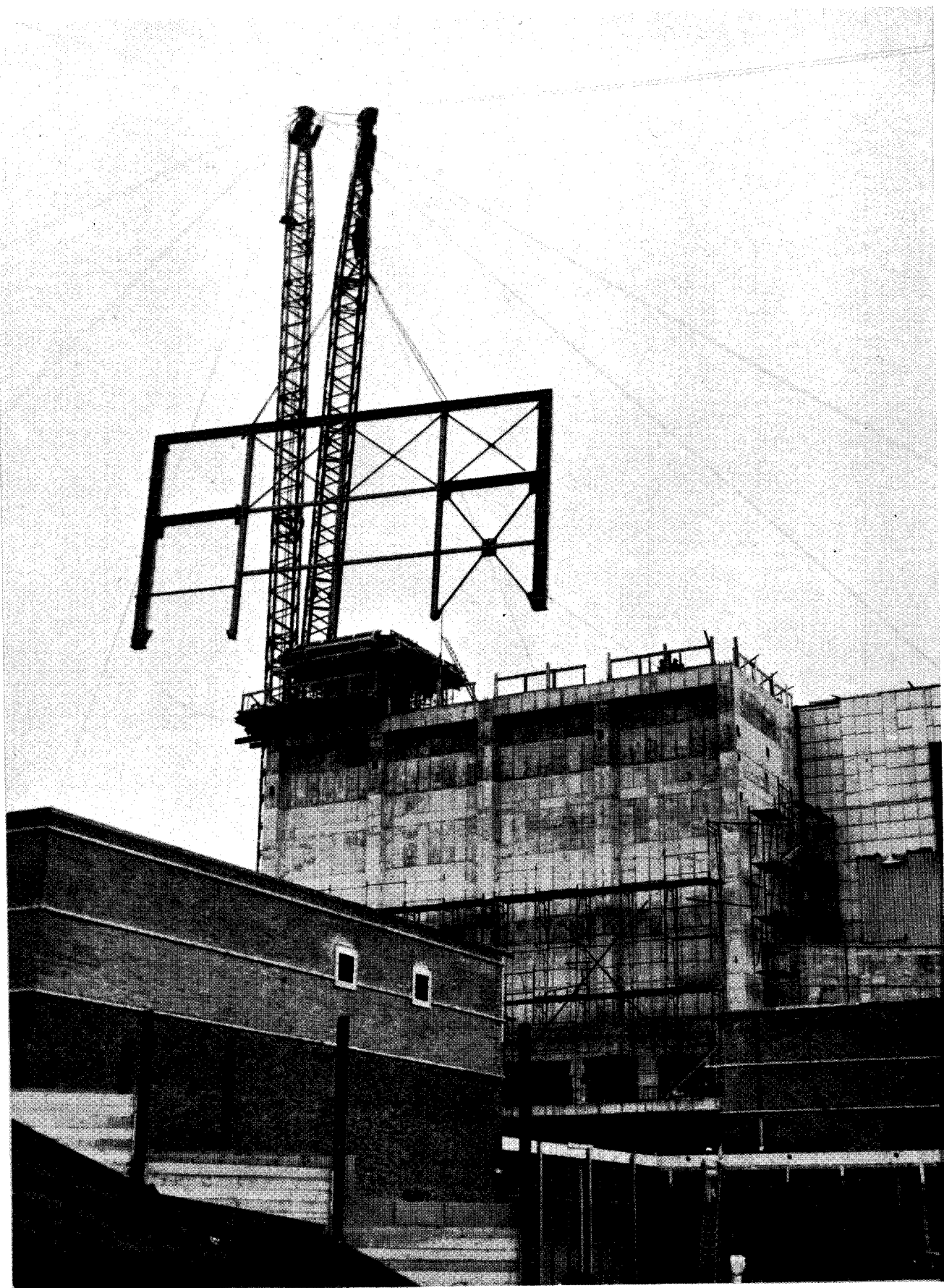
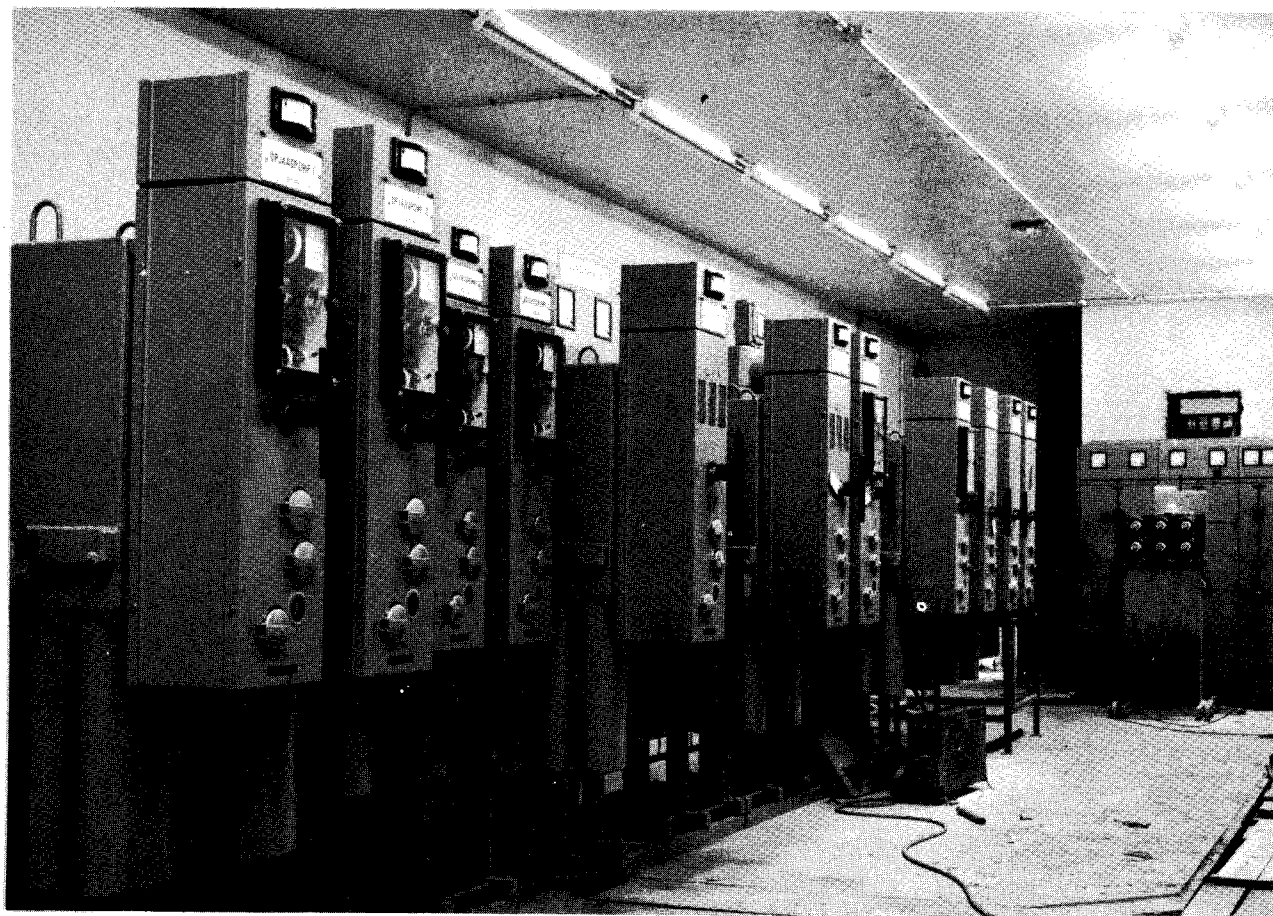


fig.19.

| | | | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|---------------|---------------|--|
| Benaming | | | | |
| Polarity Cross-correlation Function | | | Formaat | |
| N.V. Gemeenschappelijke Kernenergiecentrale Nederland Auteursrecht voorbehouden volgens de wet | Schaal | Gecontroleerd | A4 | |
| | Getekend | Gezien | Rangschikmerk | |



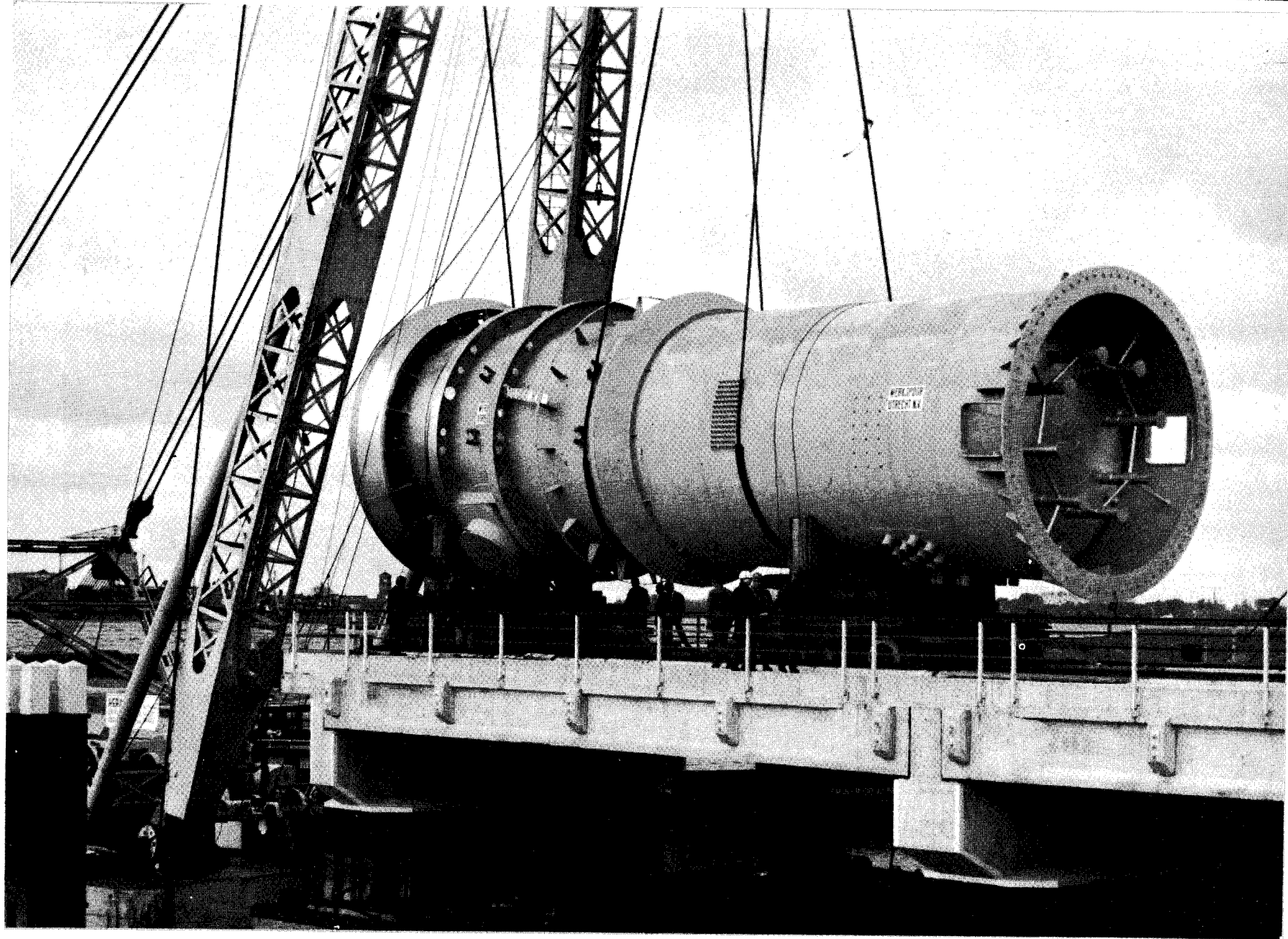
Figuur 20. Het hijsen van het eerste spant



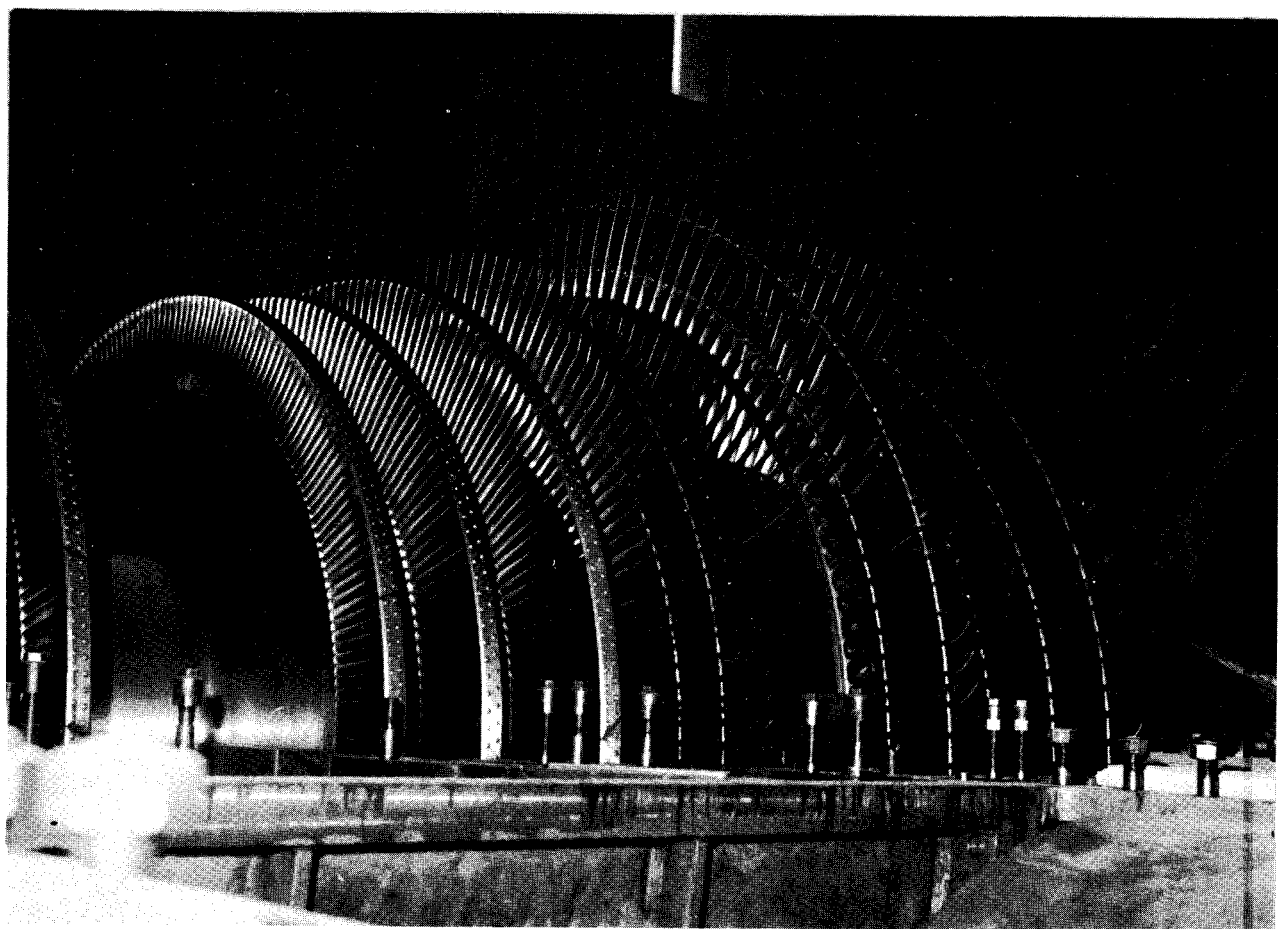
Figuur 21. Montage in de schakelruimte.



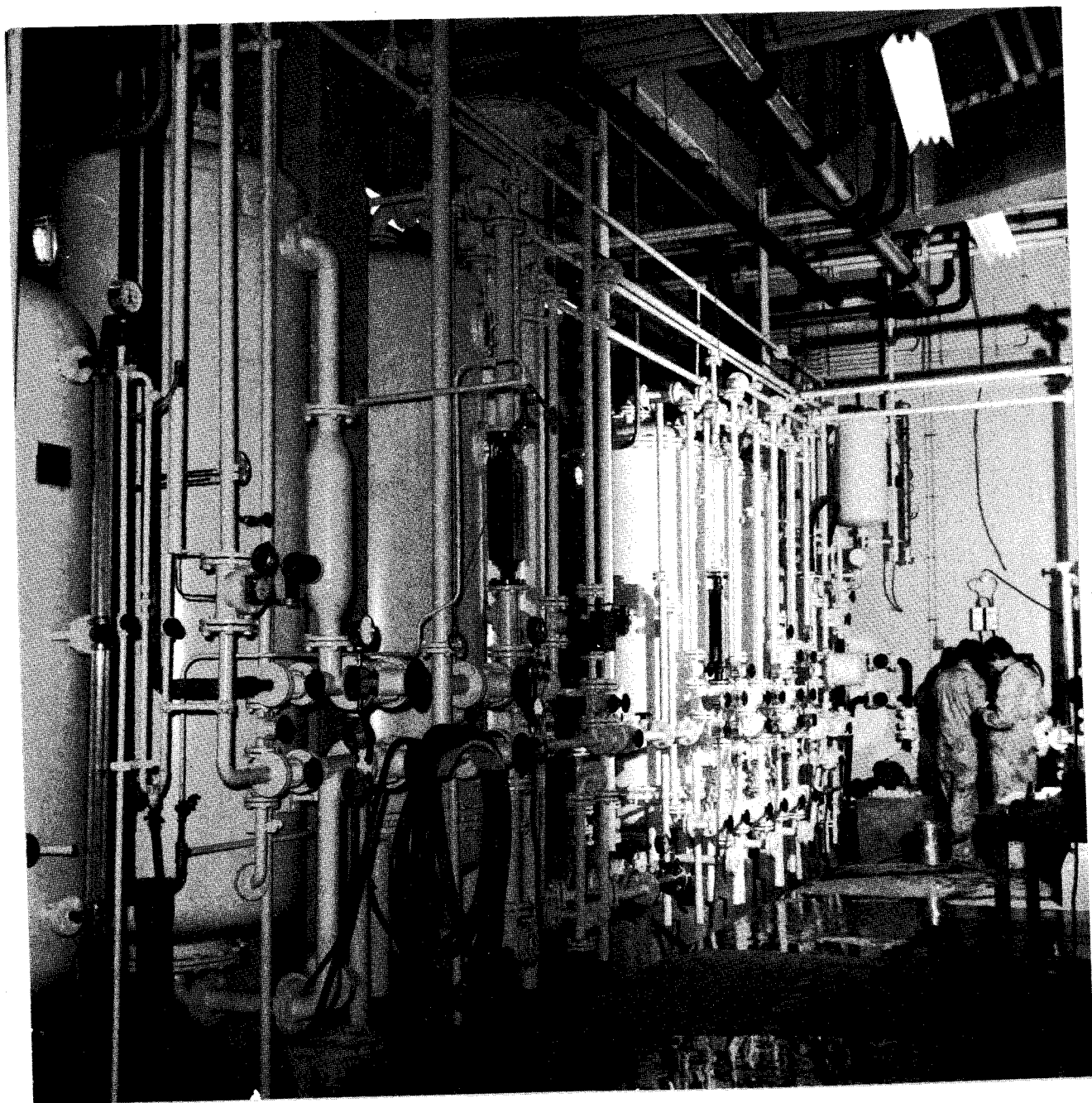
Figuur 22. Montage van de stator van de generator op het stalen fundament



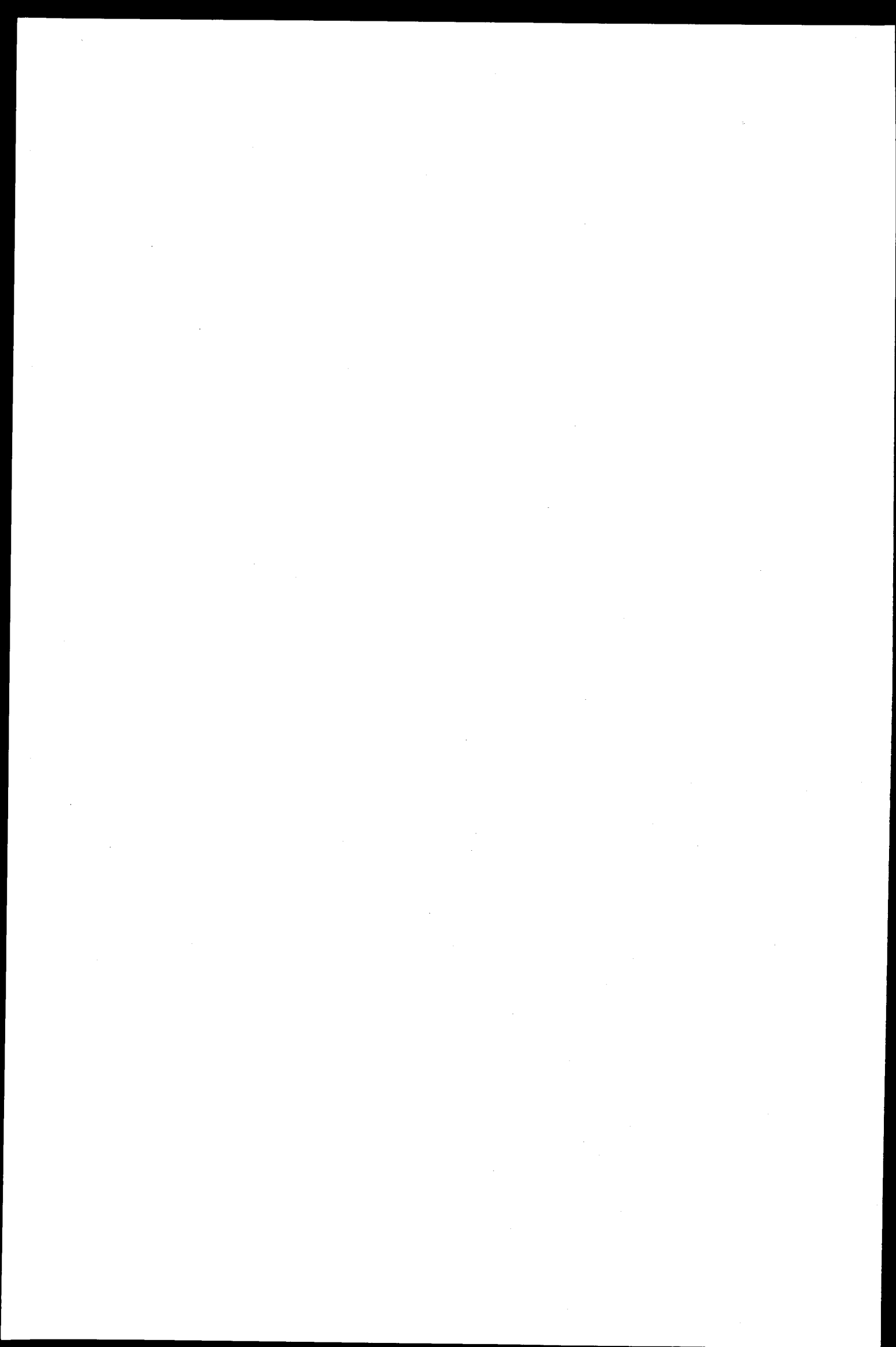
Figuur 23. Het lossen van de reaktorkamer te Dodewaard



Figuur 26. Montage van de turbine-installatie.



Figuur 27. Opmaak waterdemininstallatie gereed



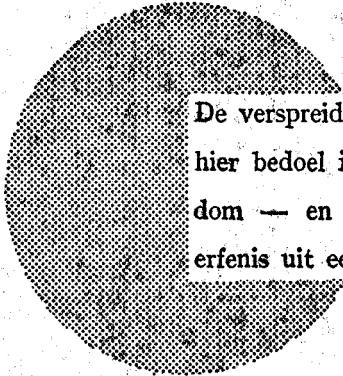
BERICHT AAN DE LEZERS

Alle rapporten van Euratom worden, bij verschijning, aangekondigd in het maandblad **EURATOM INFORMATION**, uitgegeven door het Centrum voor Informatie en Documentatie (CID). Voor het verkrijgen van een abonnement (hfl 54, bfrs 750 per jaar), of voor de aanvraag van een proef-exemplaar, gelieve men zich te wenden tot :

Handelsblatt GmbH
"Euratom Information"
Postfach 1102
D-4 Düsseldorf (Duitsland)

of tot

Office central de vente des publications
des Communautés européennes
2, Place de Metz
Luxembourg



De verspreiding van kennis is de verspreiding van welvaart — en hier bedoel ik de collectieve welvaart en niet de individuele rijkdom — en bij welvaart verdwijnt geleidelijk het kwaad, onze erfenis uit een donker verleden.

Alfred Nobel

BELANGRIJKE MEDEDELING

Alle Euratom-rapporten zijn verkrijgbaar bij de volgende kantoren tegen de prijzen vermeld op de keerzijde van het eerste dekblad (in geval van schriftelijke bestelling gelieve het EUR-nummer en de titel vermeld op het eerste dekblad te willen opgeven).

OFFICE CENTRAL DE VENTE DES PUBLICATIONS DES COMMUNAUTES EUROPEENNES

2, place de Metz, Luxembourg (Compte chèque postal N° 191-90)

BELGIQUE — BELGIË

MONITEUR BELGE
40-42, rue de Louvain - Bruxelles
BELGISCH STAATSBAD
Leuvenseweg 40-42 - Brussel

LUXEMBOURG

OFFICE CENTRAL DE VENTE
DES PUBLICATIONS DES
COMMUNAUTES EUROPEENNES
9, rue Goethe - Luxembourg

DEUTSCHLAND

BUNDESANZEIGER
Postfach - Köln 1

NEDERLAND

STAATSDRUKKERIJ
Christoffel Plantijnstraat - Den Haag

FRANCE

SERVICE DE VENTE EN FRANCE
DES PUBLICATIONS DES
COMMUNAUTES EUROPEENNES
26, rue Desaix - Paris 15°

UNITED KINGDOM

H. M. STATIONERY OFFICE
P. O. Box 569 - London S.E.1

ITALIA

LIBRERIA DELLO STATO
Piazza G. Verdi, 10 - Roma

EURATOM — C.I.D.
51-53, rue Belliard
Bruxelles (Belgique)